

麦冬化学成分及药理作用研究进展

彭婉, 马骁, 王建, 曾南, 董泰玮, 李雷, 李敏*

成都中医药大学药学院, 中药材标准化教育部重点实验室, 四川 成都 611137

摘要: 麦冬在中国分布广泛, 资源丰富, 是一种利用价值很高的药用植物, 具有养阴生津、润肺清心的功效。现代研究发现麦冬的化学成分主要包括甾体皂苷类、高异黄酮类、多糖类等; 具有降血糖、保护心血管系统、增强免疫力、抗皮肤衰老、抗炎、抗肿瘤等药理作用。对麦冬的化学成分、药理作用进行综述, 为麦冬的开发利用提供参考。

关键词: 麦冬; 甾体皂苷类; 高异黄酮类; 多糖类; 降血糖; 保护心血管系统; 增强免疫力

中图分类号: R282.71 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2018)02-0477-12

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2018.02.032

Research progress on chemical constituents and pharmacological effects of *Ophiopogon japonicus*

PENG Wan, MA Xiao, WANG Jian, ZENG Nan, DONG Tai-wei, LI Lei, LI Min

College of Pharmacy, Key Laboratory of the Ministry of Education in China on the Standardization of Chinese Materia Medica, Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu 611137, China

Abstract: *Ophiopogon japonicus* is widely distributed in China and rich in resources, and is a kind of medicinal plants with great utilization value. It could nourish *yin*, promote body fluid production, moisten the lung, ease the mind, and clear away heart fire. Modern research showed that there are several secondary metabolites, such as steroidal saponins, homoisoflavonoids and polysaccharides. Its pharmacological research mainly focused on the hypoglycemic effect, cardiovascular protection, enhanced immunity, anti-aging, anti-inflammatory, and antitumor effect. In this paper, the chemical compositions and pharmacological activities of *O. japonicus* were summarized, in order to provide reference for further study and application of *O. japonicus*.

Key words: *Ophiopogon japonicus* (L. f) Ker -Gawl.; steroidal saponins; homoisoflavonoids; polysaccharides; hypoglycemic; cardiovascular protection; enhanced immunity

麦冬是临床常用中药, 始载于《神农本草经》, 列为上品。《中国药典》2015年版记载麦冬为百合科植物麦冬 *Ophiopogon japonicus* (L. f) Ker -Gawl. 的干燥块根。其主要功效为养阴生津、润肺清心, 用于治疗肺燥干咳、阴虚癆嗽、喉痹咽痛、津伤口渴、内热消渴、心烦失眠、肠燥便秘^[1]。川麦冬和浙麦冬是不同道地产区的主流品种, 川麦冬主产于四川省三台县, 浙麦冬主产于浙江杭州笕桥一带; 短葶山麦冬 *Liriope muscari* (Decne.) Bailey 主产于福建省泉州、莆田等地, 其性味归经、功能主治与麦冬类似, 中医处方作为麦冬同等入药, 已成为目前中药麦冬的主流商品之一。除药用外, 麦冬作为

保健饮品和功能性食品也受到了国际保健食品界的青睐。近年来, 系统报道麦冬研究成果的文章并不多见, 故本文对麦冬化学成分、药理作用的研究进展进行综述, 以期对麦冬的深入研究和利用提供参考。

1 化学成分

目前, 在麦冬的不同部位分离出甾体皂苷类、高异黄酮类、多糖类等成分。甾体皂苷和高异黄酮具有多种生物活性, 是麦冬的主要活性部位。

1.1 甾体皂苷类

甾体皂苷类化合物是麦冬的主要活性部位, 其具有抗心脑血管疾病、抗衰老、改善学习记忆障碍、抗肿瘤、抗辐射、抗炎、免疫调节、镇咳、改善肝

收稿日期: 2017-06-05

基金项目: 国家中药标准化行动项目“川贝母、半夏等7种中药饮片标准化建设”(ZYBZH-Y-SC-40); 四川省科技厅科技支撑项目“麦冬整合式产业链综合开发研究”(2015SZ0033); 国家基础科学人才培养基金(J1310034)

作者简介: 彭婉(1996—), 女, 本科在读, 研究方向为临床中药学。E-mail: pengwancdutcm@163.com

*通信作者 李敏(1962—), 女, 教授, 博士生导师, 研究方向为中药品质评价与资源开发。E-mail: 028Limin@163.com

肺病理性损伤等作用^[2]。其提取分离方法包括溶剂提取法、酶提取法及超声提取法^[3]。至今,从麦冬中分离出 72 个甾体皂苷,根据其基本化学结构可分为螺甾烷醇型和呋甾烷醇型,且少数为呋甾烷醇型

皂苷。螺甾烷醇型化合物中鲁斯可皂苷元和薯蓣皂苷元占绝大部分,在结合的糖基方面主要为三糖苷和二糖苷,四糖苷和单糖苷比例较少,而且糖的连接方式以单糖链为主,双糖链较少(图 1 和表 1)。

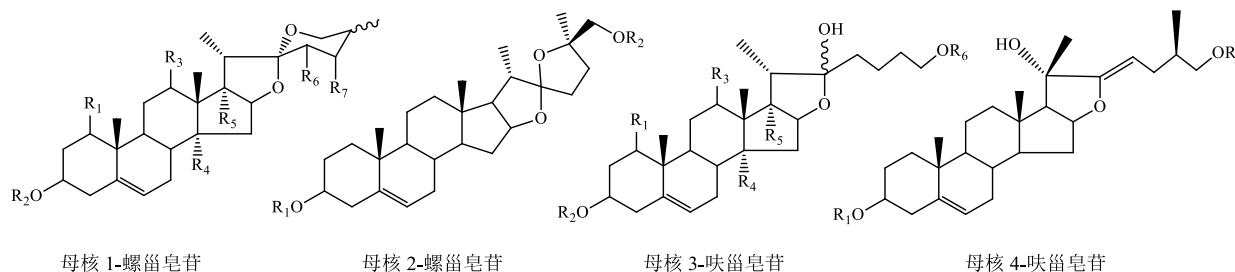


图 1 麦冬中甾体类化合物母核结构

Fig. 1 Skeleton structure of steroidal saponins in *O. japonicus*

表 1 麦冬中甾体类化合物

Table 1 Steroidal saponins in *O. japonicus*

序号	化合物	取代基	母核	文献
1	glycoside C	R ₁ =O-rha(1→2)fuc, R ₂ =R ₃ =R ₄ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =H, C-25(S)	1	4
2	LS-10	R ₁ =O-rha(1→2)xyl(1→3)fuc, R ₂ =R ₃ =R ₄ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =H, C-25(S)	1	4
3	nolinospiroside F	R ₁ =O-fuc, R ₂ =rha, R ₃ =R ₄ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =H, C-25(S)	1	5
4	25(S)-ruscogenin	R ₁ =OH, R ₂ =R ₃ =R ₄ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =H, C-25(S)	1	6
5	25(R)-ruscogenin	R ₁ =OH, R ₂ =R ₃ =R ₄ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =H, C-25(R)	1	6
6	麦冬皂苷 B	R ₁ =O-rha(1→2)fuc, R ₂ =R ₃ =R ₄ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =H, C-25(R)	1	7
7	麦冬皂苷 D	R ₁ =O-rha(1→2)xyl(1→3)fuc, R ₂ =R ₃ =R ₄ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =H, C-25(R)	1	8
8	麦冬皂苷 A	R ₁ =O-[Ac-rha(1→2)]fuc, R ₂ =R ₃ =R ₄ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =H, C-25(R)	1	9
9	麦冬皂苷 C	R ₁ =O-rha(1→2)xyl(1→3)fuc, R ₂ =Ac, R ₃ =R ₄ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =H, C-25(R)	1	9
10	ruscogenin 1-O-sulfate	R ₁ =O-SO ₃ M, R ₂ =R ₃ =R ₄ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =H, C-25(R)	1	4
11	(25R)-ruscogenin-3-yl-α-L-rhamnopyranosyl-(1→2)-[β-D-xylopyranosyl-(1→4)]-β-D-glucopyranoside	R ₁ =O-rha(1→2)xyl(1→4)glc, R ₂ =R ₃ =R ₄ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =H, C-25(R)	1	10
12	(25R)-3β-hydroxyspirost-5-en-1-β-yl-3-O-α-L-rhamnopyranosyl-(1→2)-O-β-D-xylopyranosyl-(1→3)-α-L-arabinopyranoside	R ₁ =O-rha(1→2)xyl(1→3)ara, R ₂ =R ₃ =R ₄ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =H, C-25(R)	1	10
13	(23S,24S,25S)-23,24-dihydroxy-ruscogenin-1-O-[α-L-rhamnopyranosyl(1→2)][β-D-xylopyranosyl(1→3)]-α-L-arabinopyranoside-24-O-β-D-fucopyranoside	R ₁ =O-rha(1→2)xyl(1→3)ara, R ₂ =R ₃ =R ₄ =R ₅ =H, R ₆ =OH, R ₇ =fuc, C-25(R)	1	4
14	(23S,24S,25S)-23,24-dihydroxy-ruscogenin-1-O-[α-L-2,3,4-tri-O-acetyl-rhamnopyranosyl(1→2)][β-D-xylopyranosyl(1→3)]-α-L-arabinopyranoside-24-O-β-D-fucopyranoside	R ₁ =O-[Ac-rha(1→2)]xyl(1→3)ara, R ₂ =R ₃ =R ₄ =R ₅ =H, R ₆ =OH, R ₇ =fuc, C-25(R)	1	4
15	diosgenin	R ₁ =R ₂ =R ₃ =R ₄ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =H	1	11
16	麦冬皂苷 B'	R ₁ =H, R ₂ =[Ac-rha(1→2)]xyl(1→3)glc, R ₃ =R ₄ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =H	1	9
17	麦冬皂苷 C'	R ₁ =H, R ₂ =rha(1→2)glc, R ₃ =R ₄ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =H	1	9
18	麦冬皂苷 D'	R ₁ =H, R ₂ =rha(1→2)xyl(1→3)glc, R ₃ =R ₄ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =H	1	9

续表 1

序号	化合物	取代基	母核	文献
19	diosgenin-3- <i>O</i> -[2- <i>O</i> -acetyl- α - <i>L</i> -rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)][β - <i>D</i> -xylopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)]- β - <i>D</i> -glucopyranoside	R ₁ =H, R ₂ =[Ac-rha(1 $\rightarrow$ 2)]xyl(1 $\rightarrow$ 4)glc, R ₃ =R ₄ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =H (isomer)	1	12
20	麦冬皂苷 P	R ₁ =H, R ₂ =[Ac-rha(1 $\rightarrow$ 2)]xyl(1 $\rightarrow$ 4)glc, R ₃ =R ₄ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =H (isomer)	1	13
21	麦冬皂苷 Q	R ₁ =H, R ₂ =rha(1 $\rightarrow$ 2)[Ac-xyl(1 $\rightarrow$ 4)]glc, R ₃ =R ₄ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =H	1	13
22	sprengerinin A	R ₁ =H, R ₂ =xyl(1 $\rightarrow$ 4)glc, R ₃ =R ₄ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =H	1	13
23	sprengerin C	R ₁ =H, R ₂ =rha(1 $\rightarrow$ 2)xyl((1 $\rightarrow$ 4)glc, R ₃ =R ₄ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =H	1	13
24	ophiogenin	R ₁ =R ₂ =R ₃ =R ₆ =R ₇ =H, R ₄ =R ₅ =OH, C-25(<i>R</i>)	1	14
25	ophiogenin3- <i>O</i> - α - <i>L</i> -rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- β - <i>D</i> -glucopyranoside	R ₁ =R ₃ =R ₆ =R ₇ =H, R ₂ =rha(1 $\rightarrow$ 2)glc, R ₄ =R ₅ =OH, C-25(<i>R</i>)	1	15
26	bornyl-7- <i>O</i> - α - <i>L</i> -arabinofuranosyl(1 $\rightarrow$ 6)- β - <i>D</i> -glucopyranoside	R ₁ =R ₃ =R ₆ =R ₇ =H, R ₂ =ara(1 $\rightarrow$ 6)glc, R ₄ =R ₅ =OH, C-25(<i>R</i>)	1	15
27	cixi-ophiopogon A	R ₁ =R ₃ =R ₆ =R ₇ =H, R ₂ =rha(1 $\rightarrow$ 2)xyl(1 $\rightarrow$ 3)glc, R ₄ =R ₅ =OH, C-25(<i>R</i>)	1	16
28	cixi-ophiopogon B	R ₁ =R ₃ =R ₆ =R ₇ =H, R ₂ =rha(1 $\rightarrow$ 2)xyl(1 $\rightarrow$ 3)glc(1 $\rightarrow$ 4)glc, R ₄ =R ₅ =OH, C-25(<i>R</i>)	1	16
29	cixi-ophiopogon C	R ₁ =R ₃ =R ₆ =R ₇ =H, R ₂ =rha(1 $\rightarrow$ 2)xyl(1 $\rightarrow$ 4)glc, R ₄ =R ₅ =OH, C-25(<i>R</i>)	1	17
30	(25 <i>R</i>)-14 α ,17 α -hydroxyspirost-5-en-3 β -yl-3- <i>O</i> - α - <i>L</i> -rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- β - <i>D</i> -glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 3)- β - <i>D</i> -glucopyranoside	R ₁ =R ₃ =R ₆ =R ₇ =H, R ₂ =rha(1 $\rightarrow$ 2)xyl(1 $\rightarrow$ 3)glc, R ₄ =R ₅ =OH, C-25(<i>R</i>)	1	10
31	麦冬皂苷 O	R ₁ =R ₃ =R ₆ =H, R ₂ =rha(1 $\rightarrow$ 2)xyl(1 $\rightarrow$ 4)glc, R ₄ =R ₅ =OH, R ₇ =glc, C-25(<i>R</i>)	1	18
32	麦冬皂苷 R	R ₁ =R ₆ =R ₇ =H, R ₂ =rha(1 $\rightarrow$ 2), R ₃ =glc, R ₄ =R ₅ =OH, C-25(<i>R</i>)	1	13
33	ophiopojaponin A	R ₁ =R ₃ =R ₄ =R ₆ =R ₇ =H, R ₂ =[Ac-rha(1 $\rightarrow$ 2)]xyl(1 $\rightarrow$ 3)glc, R ₅ =OH, C-25(<i>R</i>)	1	19
34	麦冬皂苷 E	R ₁ =R ₃ =R ₄ =R ₆ =R ₇ =H, R ₂ =xyl(1 $\rightarrow$ 4)glc, R ₅ =OH, C-25(<i>R</i>)	1	20
35	pennogenin-3- <i>O</i> - α - <i>L</i> -rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- β - <i>D</i> -xylopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)- β - <i>D</i> -glucopyranoside	R ₁ =R ₃ =R ₄ =R ₆ =R ₇ =H, R ₂ =rha(1 $\rightarrow$ 2)xyl(1 $\rightarrow$ 4)glc, R ₅ =OH, C-25(<i>R</i>)	1	21
36	floribundasaponin B	R ₁ =R ₃ =R ₄ =R ₆ =R ₇ =H, R ₂ =rha(1 $\rightarrow$ 4)glc, R ₅ =OH, C-25(<i>R</i>)	1	21
37	pennogenin-3- <i>O</i> -[2- <i>O</i> -acetyl- α - <i>L</i> -rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)][β - <i>D</i> -xylopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)]- β - <i>D</i> -glucopyranoside	R ₁ =R ₃ =R ₄ =R ₆ =R ₇ =H, R ₂ =[Ac-rha(1 $\rightarrow$ 2)]xyl(1 $\rightarrow$ 4)glc, R ₅ =OH, C-25(<i>R</i>)	1	12
38	(25 <i>R</i>)spirost-5-ene-3 β ,14 α -diol-3- β - <i>O-β-<i>L</i>-rhamnopyranosyl-(1$\rightarrow$2)-[β-<i>D</i>-xylopyranosyl(1$\rightarrow$4)]-β-<i>D</i>-glucopyranoside</i>	R ₁ =R ₃ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =H, R ₂ =rha(1 $\rightarrow$ 2)xyl(1 $\rightarrow$ 4)glc, R ₄ =OH, C-25(<i>R</i>)	1	22
39	麦冬皂苷 S	R ₁ =R ₃ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =H, R ₂ =xyl(1 $\rightarrow$ 4)glc, R ₄ =OH, C-25(<i>R</i>)	1	13
40	14-hydroxydiosgenin3- <i>O</i> - α - <i>L</i> -rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- β - <i>D</i> -glucopyranoside	R ₁ =R ₃ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =H, R ₂ =rha(1 $\rightarrow$ 2)glc, R ₄ =OH, C-25(<i>R</i>)	1	13
41	14-hydroxydiosgenin3- <i>O</i> - α - <i>L</i> -rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- β - <i>D</i> -xylopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)- β - <i>D</i> -glucopyranoside	R ₁ =R ₃ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =H, R ₂ =rha(1 $\rightarrow$ 2)xyl(1 $\rightarrow$ 4)glc, R ₄ =O, C-25(<i>R</i>)	1	13
42	prazerigenin A	R ₁ =R ₂ =R ₃ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =H, R ₄ =OH, C-25(<i>R</i>)	1	23
43	ruscogenin1- <i>O</i> - α - <i>L</i> -rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)-4- <i>O</i> -sulfo- α - <i>L</i> -arabinopyranoside-3- <i>O</i> - β - <i>D</i> -glucopyranoside	R ₁ = <i>O</i> -rha(1 $\rightarrow$ 2)-4- <i>O</i> -sulfo-ara, R ₂ =glc, R ₃ =R ₄ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =H, C-25(<i>R</i>)	1	24
44	ruscogenin1- <i>O</i> -[2- <i>O</i> -acetyl- α - <i>L</i> -rhamnopyranosyl(1 $\rightarrow$ 2)]- β - <i>D</i> -xylopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 3)- β - <i>D</i> -fucopyranoside	R ₁ = <i>O</i> -[Ac-rha(1 $\rightarrow$ 2)]xyl(1 $\rightarrow$ 3)fuc, R ₂ =R ₃ =R ₄ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =H, C-25(<i>R</i>)	1	25

续表 1

序号	化合物	取代基	母核	文献
45	ruscogenin1- <i>O</i> -[β - <i>D</i> -glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)]-[β - <i>D</i> -xylopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 3)]- β - <i>D</i> -fucopyranoside	$R_1=\text{glc}(1\rightarrow2)\text{xyl}(1\rightarrow3)\text{fuc}$, $R_2=R_3=R_4=R_5=R_6=R_7=\text{H}$, C-25(<i>R</i>)	1	26
46	ophiofurospiside A	$R_1=\text{rha}(1\rightarrow2)\text{xyl}(1\rightarrow4)\text{glc}$, $R_2=\text{glc}$	2	27
47	ophiofurospiside B	$R_1=\text{man}(1\rightarrow2)\text{ara}(1\rightarrow4)\text{glc}$, $R_2=\text{glc}$	2	28
48	ophiopojaponin B	$R_1=R_3=R_5=\text{H}$, $R_2=\text{rha}(1\rightarrow2)\text{glc}$, $R_4=\text{OH}$, $R_6=\text{glc}$	3	19
49	麦冬皂苷 J	$R_1=R_3=R_5=\text{H}$, $R_2=\text{rha}(1\rightarrow2)\text{xyl}(1\rightarrow4)\text{glc}$, $R_4=\text{OH}$, $R_6=\text{glc}(1\rightarrow2)\text{glc}$	3	18
50	麦冬皂苷 L	$R_1=R_5=\text{H}$, $R_2=\text{rha}(1\rightarrow2)\text{xyl}(1\rightarrow4)\text{glc}$, $R_3=R_4=\text{OH}$, $R_6=\text{glc}$	3	18
51	麦冬皂苷 N	$R_1=R_3=R_5=\text{H}$, $R_2=\text{rha}(1\rightarrow2)\text{xyl}(1\rightarrow4)\text{glc}$, $R_4=\text{OH}$, $R_6=\text{glc}(1\rightarrow6)\text{glc}$	3	18
52	麦冬皂苷 K	$R_1=R_3=\text{H}$, $R_2=\text{rha}(1\rightarrow2)\text{glc}$, $R_4=R_5=\text{OH}$, $R_6=\text{glc}(1\rightarrow2)\text{glc}$	3	18
53	麦冬皂苷 M	$R_1=\text{H}$, $R_2=\text{xyl}(1\rightarrow4)\text{rha}(1\rightarrow2)\text{glc}$, $R_4=R_3=R_5=\text{OH}$, $R_6=\text{glc}$	3	18
54	麦冬皂苷 F	$R_1=R_3=R_4=R_5=\text{H}$, $R_2=\text{xyl}(1\rightarrow4)\text{rha}(1\rightarrow2)\text{glc}$, $R_6=\text{glc}(1\rightarrow2)\text{glc}$	3	29
55	麦冬皂苷 G	$R_1=R_3=R_4=R_5=\text{H}$, $R_2=\text{xyl}(1\rightarrow4)\text{rha}(1\rightarrow2)\text{glc}$, $R_6=\text{glc}(1\rightarrow6)\text{glc}$	3	29
56	麦冬皂苷 H	$R_1=R_3=R_4=R_5=\text{H}$, $R_2=\text{rha}(1\rightarrow2)\text{glc}$, $R_6=\text{glc}(1\rightarrow2)\text{glc}$	3	30
57	ophiofurospiside C	$R_1=R_3=R_4=\text{H}$, $R_2=\text{rha}(1\rightarrow2)\text{xyl}(1\rightarrow4)\text{glc}$, $R_5=\text{OH}$, $R_6=\text{glc}(1\rightarrow6)\text{glc}$	3	30
58	ophiofurospiside D	$R_1=\text{H}$, $R_2=\text{rha}(1\rightarrow2)\text{glc}$, $R_3=R_4=R_5=\text{OH}$, $R_6=\text{glc}$	3	30
59	ophiofurospiside E	$R_1=R_3=\text{H}$, $R_2=\text{rha}(1\rightarrow2)\text{xyl}(1\rightarrow4)\text{glc}$, $R_4=R_5=\text{OH}$, $R_6=\text{glc}$	3	30
60	ophiofurospiside F	$R_1=R_3=\text{H}$, $R_2=\text{rha}(1\rightarrow2)\text{glc}$, $R_4=R_5=\text{OH}$, $R_6=\text{glc}$	3	30
61	ophiofurospiside G	$R_1=R_3=R_5=\text{H}$, $R_2=\text{xyl}(1\rightarrow4)\text{glc}$, $R_4=\text{OH}$, $R_6=\text{glc}(1\rightarrow6)\text{glc}$	3	30
62	ophiofurospiside H	$R_1=R_3=R_4=R_5=\text{H}$, $R_2=\text{xyl}(1\rightarrow4)\text{glc}$, $R_6=\text{glc}(1\rightarrow2)\text{glc}$	3	30
63	ophiofurospiside I	$R_1=R_3=R_5=\text{H}$, $R_2=\text{rha}(1\rightarrow2)\text{glc}$, $R_4=\text{OH}$, $R_6=\text{glc}(1\rightarrow2)\text{glc}$	3	30
64	ophiofurospiside J	$R_1=R_3=R_4=R_5=\text{H}$, $R_2=\text{glc}$, $R_6=\text{glc}(1\rightarrow2)\text{glc}$	3	30
65	ophiofurospiside K	$R_1=R_3=R_4=R_5=\text{H}$, $R_2=\text{rha}(1\rightarrow2)\text{glc}$, $R_6=\text{glc}(1\rightarrow6)\text{glc}$	3	30
66	ophiofurospiside L	$R_1=\text{OH}$, $R_2=\text{rha}(1\rightarrow2)\text{xyl}(1\rightarrow4)\text{glc}$, $R_3=R_4=R_5=\text{H}$, $R_6=\text{glc}$	3	30
67	ophiofurospiside M	$R_1=\text{OH}$, $R_2=\text{rha}(1\rightarrow2)\text{glc}$, $R_3=R_4=R_5=\text{H}$, $R_6=\text{glc}$	3	30
68	ophiofurospiside N	$R_1=\text{O-rha}(1\rightarrow2)\text{rha}(1\rightarrow3)\text{fuc}$, $R_2=R_3=R_4=R_5=\text{H}$, $R_6=\text{glc}$	3	30
69	26- <i>O</i> - β - <i>D</i> -glucopyranosyl(25 <i>S</i>)-furost-5-ene-1 β ,3 β ,22 α ,26-tetraol1- <i>O</i> - β - <i>D</i> -xylopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 3)-[α - <i>L</i> -rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)]- β - <i>D</i> -fucopyranoside	$R_1=\text{O-rha}(1\rightarrow3)\text{rha}(1\rightarrow2)\text{fuc}$, $R_2=R_3=R_4=R_5=\text{H}$, $R_6=\text{glc}$	3	22
70	26- <i>O</i> - β - <i>D</i> -glucopyranosyl(25 <i>R</i>)-furost-5-en-3 β ,14 α ,17 α ,22 α ,26-pentaol3- <i>O</i> - α - <i>L</i> -rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- β - <i>D</i> -glucopyranoside	$R_1=R_3=\text{H}$, $R_2=\text{rha}(1\rightarrow2)\text{glc}$, $R_4=R_5=\text{OH}$, $R_6=\text{glc}$	3	31
71	ophiopogonin I	$R_1=\text{glc}(1\rightarrow2)\text{glc}$, $R_2=\text{rha}(1\rightarrow2)\text{glc}$	4	30
72	(25 <i>R</i>)-26-[(<i>O</i> - β - <i>D</i> -glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2))- β - <i>D</i> -glucopyranosyl]-20 α -hydroxyfurost-5,22-diene-3- <i>O</i> - α - <i>L</i> -rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)-[β - <i>D</i> -xylopyranosyl(1 $\rightarrow$ 4)]- β - <i>D</i> -glucopyranoside	$R_1=\text{rha}(1\rightarrow2)\text{xyl}(1\rightarrow4)\text{glc}$, $R_2=\text{glc}(1\rightarrow2)\text{glc}$	4	32

1.2 高异黄酮类

高异黄酮类化合物表现出多种生物活性,作为黄酮类化合物中特殊的 1 类,其由 1 个 CH_2 基团连接其 B 环和 C 环,是麦冬又一主要成分,其具有抗非小细胞肺癌^[33]、清除氧自由基^[34]、心肌保护^[35]等药理作用,目前已从麦冬中分离出 36 个高异黄酮类化合物(图 2 和表 2)。

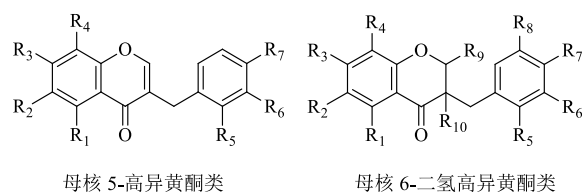


图 2 麦冬中高异黄酮类化合物母核结构

Fig. 2 Skeleton structure of homoisoflavonoids in *O. japonicus*

表 2 麦冬中高异黄酮类化合物

Table 2 Homoisoflavonoids in *O. japonicus*

序号	化合物	取代基	母核	文献
73	甲基麦冬黄酮 B	$R_1=R_3=OH, R_2=R_4=CH_3, R_5=R_6=H, R_7=OCH_3$	5	36-37
74	麦冬高异黄酮 B	$R_1=R_3=OH, R_2=CH_3, R_4=R_5=R_6=H, R_7=OCH_3$	5	38
75	6-醛基麦冬黄酮 B	$R_1=R_3=OH, R_2=CHO, R_4=CH_3, R_5=R_6=H, R_7=OCH_3$	5	39
76	5,7-dihydroxy-3-(4'-hydroxybenzyl)-6-methylchromone	$R_1=R_3=OH, R_2=CH_3, R_4=R_5=R_6=H, R_7=OH$	5	40
77	去甲基异麦冬黄酮 B	$R_1=R_3=OH, R_2=R_5=R_6=H, R_4=CH_3, R_7=OH$	5	40
78	麦冬高异黄酮 D	$R_1=R_3=R_5=R_7=OH, R_2=CH_3, R_4=R_6=H$	5	41
79	8-formyl-7-hydroxy-5,4'-dimethoxy-6-methylhomoisoflavone	$R_1=OCH_3, R_2=CH_3, R_3=OH, R_4=CHO, R_5=R_6=H, R_7=OCH_3$	5	42
80	8-醛基麦冬黄酮 B	$R_1=R_3=OH, R_2=CH_3, R_4=CHO, R_5=R_6=H, R_7=OCH_3$	5	38
81	甲基麦冬黄酮 A	$R_1=R_3=OH, R_2=R_4=CH_3, R_5=H, R_6 \rightarrow R_7-O-CH_2-O-$	5	38
82	异麦冬黄酮 A	$R_1=R_3=OH, R_2=H, R_4=CH_3, R_5=H, R_6 \rightarrow R_7-O-CH_2-O-$	5	38
83	6-醛基异麦冬黄酮 A	$R_1=R_3=OH, R_2=CHO, R_4=CH_3, R_5=H, R_6 \rightarrow R_7-O-CH_2-O-$	5	39
84	麦冬高异黄酮 A	$R_1=R_3=OH, R_2=CH_3, R_4=R_5=H, R_6 \rightarrow R_7-O-CH_2-O-$	5	41
85	麦冬高异黄酮 C	$R_1=R_2=R_3=OH, R_4=CH_3, R_5=CHO, R_6 \rightarrow R_7-O-CH_2-O-$	5	43
86	2'-羟基-甲基麦冬黄酮 A	$R_1=R_3=R_5=OH, R_2=R_4=CH_3, R_6 \rightarrow R_7-O-CH_2-O-$	5	44
87	5,7,2'-trihydroxy-6-methyl-3-(3',4'-methylenedioxybenzyl)chromone	$R_1=R_3=R_5=OH, R_2=CH_3, R_4=H, R_6 \rightarrow R_7-O-CH_2-O-$	5	40
88	5,7,2'-trihydroxy-8-methyl-3-(3',4'-methylenedioxybenzyl)chromone	$R_1=R_3=R_5=OH, R_2=H, R_4=CH_3, R_6 \rightarrow R_7-O-CH_2-O-$	5	40
89	5,7,2'-trihydroxy-6,8-dimethyl-3-(3',4'-methylenedioxybenzyl)chromone	$R_1=R_3=R_5=OH, R_2=R_4=CH_3, R_6 \rightarrow R_7-O-CH_2-O-$	5	34
90	5-hydroxy-7,8-dimethoxy-6-methyl-3-(3',4'-dihydroxybenzyl)chroman-4-one	$R_1=R_6=R_7=OH, R_2=CH_3, R_3=R_4=OCH_3, R_5=R_8=R_9=R_{10}=H$	6	40
91	麦冬二氢高异黄酮 E	$R_1=R_3=R_5=OH, R_2=CH_3, R_4=R_7=OCH_3, R_6=R_8=R_9=R_{10}=H$	6	43
92	5,8,4'-trimethoxy-6-methyl-7,2'-dihydroxy-3-benzylchroman-4-one	$R_1=R_4=R_6=OCH_3, R_2=CH_3, R_3=R_5=OH, R_7=R_8=R_9=R_{10}=H$	6	43
93	5,7-dihydroxy-6,8-dimethyl-3-(4'-hydroxy-3'-methoxybenzyl)chroman-4-one	$R_1=R_3=R_7=OH, R_2=R_4=CH_3, R_5=R_6=R_9=R_{10}=H, R_8=OCH_3$	6	45
94	5-hydroxy-7,8-dimethoxy-6-methyl-3-(3',4'-dihydroxybenzyl)chroman-4-one	$R_1=R_7=R_8=OH, R_2=CH_3, R_3=R_4=OCH_3, R_5=R_6=R_9=R_{10}=H$	6	45
95	5,7-dihydroxy-6,8-dimethyl-3-(4'-hydroxy-3'5'-dimethoxybenzyl)chroman-4-one	$R_1=R_3=R_7=OH, R_2=R_4=CH_3, R_5=R_9=R_{10}=H, R_6=R_8=OCH_3$	6	45
96	5,7-dihydroxy-6-methyl-3(R)-(2,4-dihydroxybenzyl)chroman-4-one	$R_1=R_3=R_5=R_7=OH, R_2=CH_3, R_4=R_6=R_8=R_9=R_{10}=H$	6	41
97	8-formyl-5-O-methyl ophiopogonanone B	$R_1=R_4=R_7=OCH_3, R_2=CH_3, R_3=OH, R_5=R_6=R_8=R_9=R_{10}=H$	6	39
98	5,7,2',3'-tetrahydroxy-6-methyl-8-methoxy-3-(4'-methoxybenzyl)chroman-4-one	$R_1=R_3=R_5=R_6=OH, R_2=CH_3, R_4=R_7=OCH_3, R_8=R_9=R_{10}=H$	6	46
99	甲基麦冬黄酮 B	$R_1=R_3=OH, R_2=R_4=CH_3, R_5=R_6=R_8=R_9=R_{10}=H, R_7=OCH_3$	6	37
100	2,5,7-trihydroxy-6,8-dimethyl-3-(4'-methoxybenzyl)chroman-4-one	$R_1=R_3=R_9=OH, R_2=R_4=CH_3, R_5=R_6=R_8=R_{10}=H, R_7=OCH_3$	6	45
101	8-醛基异黄烷酮 B	$R_1=R_3=OH, R_2=CH_3, R_4=CHO, R_5=R_6=R_8=R_9=R_{10}=H, R_7=OCH_3$	6	39
102	甲基麦冬黄烷酮 A	$R_1=R_3=OH, R_2=R_4=CH_3, R_5=R_8=R_9=R_{10}=H, R_6 \rightarrow R_7-O-CH_2-O-$	6	37
103	麦冬二氢高异黄酮 A	$R_1=R_3=OH, R_2=CH_3, R_4=R_5=R_8=R_9=R_{10}=H, R_6 \rightarrow R_7-O-CH_2-O-$	6	47
104	麦冬二氢高异黄酮 C	$R_1=R_3=OH, R_2=CH_3, R_4=CHO, R_5=R_8=R_9=R_{10}=H, R_6 \rightarrow R_7-O-CH_2-O-$	6	42
105	麦冬二氢高异黄酮 H	$R_1=R_3=R_{10}=OH, R_2=R_4=CH_3, R_5=R_8=R_9=H, R_6 \rightarrow R_7-O-CH_2-O-$	6	48
106	5-methoxy-6-methyl-7-hydroxy-8-aldehydo-3-(3',4'-methylenedioxybenzyl)-chroman-4-one	$R_1=OCH_3, R_3=OH, R_2=R_4=CH_3, R_5=R_8=R_9=R_{10}=H, R_6 \rightarrow R_7-O-CH_2-O-$	6	43
107	2,5,7-trihydroxy-6,8-dimethyl-3-(3',4'-methylenedioxybenzyl)chroman-4-one	$R_1=R_3=R_9=OH, R_2=R_4=CH_3, R_5=R_8=R_{10}=H, R_6 \rightarrow R_7-O-CH_2-O-$	6	45
108	5,7-trihydroxy-6,8-dimethyl-3-(2'-hydroxy-3',4'-methylenedioxybenzyl)chromone	$R_1=R_3=R_5=OH, R_2=R_4=CH_3, R_6 \rightarrow R_7-O-CH_2-O-, R_8=R_9=R_{10}=H$	6	45

1.3 多糖类

麦冬块根中含有丰富的多糖, 麦冬多糖由单糖和低聚糖类化合物组成, 包括果糖和多量的低聚糖类; 具有降血糖、抗肿瘤、抗心肌缺血、增强免疫、抗氧化、抗过敏、保护外分泌腺等药理作用^[49]。目前已经从麦冬的水溶性部位提取出 11 种多糖, 包括 Md-1 (109)、Md-2 (110)^[50]、MDG-1 (111)^[51]、FOJ-5 (112)^[52]、Opaw-2 (113)^[53]、OJP-1 (114)、OJP-2 (115)、OJP-3 (116)、OJP-4 (117)^[54]、POJ-U1a (118)^[55]、OJP1 (119)^[56]。

1.4 其他类成分

麦冬中还含有有机酸、糖苷、环二肽等成分。目前已从麦冬中提取出 13 种有机酸, 包括水杨酸 (120)、对羟基苯甲酸 (121)^[57]、香草酸 (122)、对-羟基苯甲醛 (123)、对香豆酸 (124)、齐墩果酸 (125)、壬二酸 (126)、二十三烷酸 (127)^[58]、天师酸 (128)^[59]、*L*-焦谷氨酸 (129)^[17]、9,12-十八碳二烯酸 (130)、棕榈酸 (131)、十八碳烯-6-酸 (132)^[60]; 4 种糖苷, 包括麦冬倍半萜苷 A (133)^[61]、龙脑葡萄糖苷 (134)^[59]、3,4-dihydroxy-allylbenzene-4-*O*- α -*L*-rhamnopyranosyl(1 $\rightarrow$ 6)- β -*D*-glucopyranoside

(135) 及 ophiopojaponin D (136)^[17]; 环二肽包括 cyclo-(Phe-Tyr) (137) 和 cyclo-(Leu-Ile) (138)^[59], 以及其他类成分 α -葎草烯 (139)、*N*-[2-(4-hydroxyphenyl)ethyl]-4-hydroxy-cinnamide (140)^[14]、 β -谷甾醇 (141)、豆甾醇 (142)、 β -sitosterol- β -*D*-glucoside (143)^[62]、大黄酚 (144) 及大黄素 (145)^[58]。

2 药理作用

2.1 降血糖

麦冬水提物、多糖通过影响核转录因子- κ B (NF- κ B) 通路, 促进瘦素、脂联素蛋白表达, 增加对胰岛素的敏感性等途径对在体大鼠或离体细胞达到降血糖作用 (表 3)。

2.2 保护心血管系统

麦冬总皂苷或多糖可通过影响丙二醛 (MDA)、游离脂肪酸 (FFA) 或 1-磷酸鞘氨醇 (S1P)、成纤维细胞生长因子 (bFGF)、蛋白激酶 B (Akt)、细胞外调节蛋白激酶 (ERK)、内皮型一氧化氮合酶 (eNOS) 等发挥其保护心血管系统作用 (表 4)。

2.3 增强免疫

麦冬多糖为麦冬发挥增强免疫作用的有效部位,

表 3 降血糖作用

Table 3 Hypoglycemic effect

化学成分	受试对象	剂量	机制	文献
麦冬水提物	糖尿病小鼠模型	15 g·kg ⁻¹	胸腺及脾脏指数 ↑	63
川麦冬多糖	四氧嘧啶诱导的糖尿病小鼠模型	200~400 mg·kg ⁻¹	血清胰岛素水平 ↑	64
麦冬多糖	2 型糖尿病大鼠模型	200~800 mg·kg ⁻¹	p47phox ↓、NF- κ B ↓	65
麦冬多糖	2 型糖尿病大鼠模型	50~200 mg·kg ⁻¹	瘦素 ↑、脂联素蛋白 ↑、抵抗素蛋白 ↓、三酰甘油 (TG) ↓、胰岛素抵抗 (HOMA-IR) ↓	66
麦冬多糖	由 3T3-L1 细胞体外诱导分化而形成的脂肪细胞	1×10 ⁻⁶ ~1×10 ⁻⁴ mol·L ⁻¹	瘦素 ↑、脂联素 ↑、肿瘤坏死因子- α (TNF- α) ↓、抵抗素 ↓	67
麦冬水提物	糖尿病大鼠胰岛 β 细胞	2.4 mg·kg ⁻¹	NF- κ B ↓、C 肽 ↑	68
麦冬多糖	妊娠期胰岛抵抗小鼠模型	125~500 mg·kg ⁻¹	脂联素 ↑	69

↑表示上调, ↓表示下调, 下同

↑ means up-regulation, ↓ means down-regulation, same as below

表 4 保护心血管系统作用

Table 4 Protection of cardiovascular system

化学成分	受试对象	剂量	机制	文献
麦冬总皂苷	异丙肾上腺素诱导的心肌缺血大鼠模型	—	MDA ↓, FFA ↓	70
麦冬多糖 MDG-1	冠状动脉结扎大鼠模型	3~30 mg·kg ⁻¹	S1P1 ↑, bFGF ↑	51
麦冬皂苷 D	心肌细胞 H9c2	10 mg·kg ⁻¹	活性氧 (ROS) ↓	71
麦冬多糖 MDG-1	心肌缺血再灌注大鼠模型	20 mg·kg ⁻¹	垂体肾上腺皮质系统作用 ↑	72
麦冬皂苷 D	H9c2 细胞	50~100 μ mol·L ⁻¹	特异性肥大基因 mRNA ↑	73

苟兴能等^[74]给予恒定磁场辐射引起免疫力低下小鼠不同剂量的川麦冬多糖,结果发现小鼠白细胞、红细胞等数目明显增加,胸腺质量也增加,表明川麦冬多糖可增强小鼠在恒定磁场下的免疫力。研究表明麦冬总皂苷对体内的羟自由基有一定的清除作用,同时能调节巨噬细胞的吞噬功能^[75]。李明^[76]通过探究麦冬多糖对长期负荷训练大鼠免疫功能和抗氧

化能力的影响,发现麦冬多糖可提高长期负荷训练大鼠的免疫功能,抑制过氧化损伤和糖原的耗竭,具有良好的开发前景。

另外,麦冬多糖能通过调节单胺氧化酶 B (MAO-B)、白细胞介素-2 (IL-2)、TNF- α 、IL-6、 γ 干扰素 (IFN- γ) 及 IL-10 mRNA 的表达增强免疫力 (表 5)。

表 5 增强免疫作用

Table 5 Enhanced immunization

化学成分	受试对象	剂量	机制	文献
麦冬多糖	D-半乳糖所致衰老小鼠模型	0.2~0.4 mg·g ⁻¹	MAO-B ↓	77
短葶山麦冬多糖	环磷酰胺致免疫低下小鼠模型	0.5~2.0 g·kg ⁻¹	IL-2 ↑、TNF- α ↑、IL-6 ↑	78
麦冬多糖	NOD 小鼠	0.025~0.100 g·kg ⁻¹	低剂量: IFN- γ ↑、IL-10 ↑ 中、高剂量: IL-10 ↑	79
短葶山麦冬多糖	小鼠腹腔巨噬细胞	62.5~500.0 μ g·mL ⁻¹	TNF- α ↑、IL-6 ↑	80

2.4 延缓皮肤衰老

麦冬能清除体内自由基,促进皮肤胶原蛋白合成,使皮肤紧致有弹性,阻断黑色素形成,恢复皮肤白皙润滑,调整女性体内内分泌系统,矫正激素平衡,提高机体代谢功能,从而达到延缓皮肤衰老的目的^[81]。陆洪军等^[82]通过观察麦冬多糖对衰老小鼠皮肤组织衰老程度的影响,发现麦冬多糖可明显提高亚急性衰老小鼠皮肤中超氧化物歧化酶 (SOD) 活力及羟脯氨酸的量,并使 MDA 的量降低,说明麦冬多糖具有抗皮肤衰老的作用。王璐等^[83]通过探讨沙参麦冬汤对光老化皮肤模型小鼠的保护作用,发现沙参麦冬汤具有抑制皮肤光老化的功能,其机制可能是通过升高光照后皮肤中的透明质酸 (HA)、SOD 和谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-Px) 活性,降低 MDA 的量而发挥作用。

2.5 抗炎

麦冬总皂苷和各部位的提取物对改善炎症具有良好的作用,特别对于放射性肺炎的防治,其能从多途径有效保护肺组织,不同程度上抑制或减轻肺泡的炎性反应,见表 6。

马丽等^[88]通过体外实验发现,麦冬中主要皂苷元鲁斯可皂苷元可显著抑制细胞因子 TNF- α 诱导的急髓白血病 HL-60 细胞与人脐静脉内皮 ECV304 细胞之间的黏附作用,从而发挥抗炎活性。

2.6 抗肿瘤

麦冬发挥抗肿瘤作用的有效部位主要是麦冬皂苷,其主要是通过诱导肿瘤细胞产生自噬、影响 NF- κ B 信号通路表达等发挥作用 (表 7)。

现代药理研究表明,麦冬多种有效部位及成分具有抗肿瘤作用。许秋菊等^[101]以 HeLa 细胞为研究

表 6 抗炎作用

Table 6 Anti-inflammatory effect

化学成分及复方	受试对象	剂量	机制	文献
短葶山麦冬水提物 (Lm-a)、总皂苷 (Lm-s) 及主要成分 Lm-3	二甲苯诱导小鼠耳廓肿胀和角叉菜胶或组胺诱导小鼠足跖肿胀模型	336~672 mg·kg ⁻¹	组胺 ↓、蛋白激酶 (PKC) ↓	84
麦冬糖浆	C57BL/6 小鼠放射性肺炎模型	3 mg·kg ⁻¹	IL-6 ↓、TNF- α ↓、转化生长因子- β 1 (TGF- β 1) ↓、SOD、基质金属蛋白酶-2 (MMP-2) ↓、基质金属蛋白酶抑制物-2 (TIMP-2) ↓	85
麦冬各提取物	脂多糖诱导的巨噬细胞 RAW264.7	25~800 μ g·mL ⁻¹	TNF- α ↓	86
复方麦冬丸	二甲苯致小鼠耳肿胀实验、醋酸引起小鼠腹腔毛细血管通透性增高	937.5~1 562.5 mg·kg ⁻¹	SOD ↑、MDA ↓、一氧化氮 (NO) ↓	87

表 7 抗肿瘤作用

Table 7 Antitumor activity

化学成分及复方	受试对象	剂量	机制	文献
麦冬醇提取物	C57BL/6 小鼠 Lewis 肺癌肿瘤; 肺癌 A549 细胞	14~123 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$	诱导产生自噬	89
二冬膏 (麦冬、天冬)	A549 细胞	1.6~6.4 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	NF- κB ↓	90
二冬膏 (麦冬、天冬)	N-甲基-N'-硝基-N-亚硝基胍 (MNNG) 胃癌变大鼠模型	6~12 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	NF- κB ↓	91
二冬膏 (麦冬、天冬)	乌拉坦诱导肺肿瘤小鼠模型	2.5~10 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	TNF- α ↓、IL-10 ↓、TGF- β 1 ↓	92
二冬膏 (麦冬、天冬)	乌拉坦诱导肺肿瘤小鼠模型	0.78~1.56 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	TNF- α ↓、IL-6 ↓、IL-10 ↓、Foxp3 ↓	93
新加沙参麦冬汤	C57 BL 雄性小鼠实体瘤模型; 小鼠移植性 S180、Lewis 肺癌、EAC 腹水瘤	0.1~0.4 mL	—	94
麦冬皂苷 B	肺鳞癌 NCI-H157 细胞、大细胞癌 H460 细胞、A549 细胞	5~20 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$	p-Akt ↓	95
短葶山麦冬皂苷 C (DT-13)	乳腺癌 MDA-MB-435 细胞	0.1~100 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$	整合素 $\alpha\text{v}\beta$ 3 ↓、血细胞源性组织因子 (TF) mRNA ↓、MMP-9 ↓	96
麦门冬合金钱草茎汤 醋酸乙酯萃取部位	A549 细胞	1~100 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$	EGFR/ERK ↓	97
麦冬提取物 (抗肿瘤 I 号)	Lewis 肺癌 (C57 小鼠)、L615 (615 小鼠)、人巨细胞肺癌 PG 实体 (裸鼠) 模型	1~3 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	—	98
麦冬皂苷 B	A549 细胞	10 $\mu\text{mol}\cdot\text{mL}^{-1}$	miRNA-34b ↑、代谢当量 (MET) ↓	99
麦冬皂苷 C	S180 肉瘤和腹水瘤小鼠模型	20 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	—	100

对象,探讨麦冬皂苷 B 的抗肿瘤作用及其机制,采用 MTT 检测、流式细胞仪分析、吖啶橙染色、Lyso-TrackerRed 染色及 HeLa-GFP-LC3 转染细胞实验,分别检测 HeLa 细胞的增殖、凋亡及自噬。结果表明,麦冬皂苷 B 可抑制细胞增殖,但并不诱导细胞凋亡;可诱导细胞自噬,并引起自噬标志性蛋白 Beclin-1 表达增加及 LC3I 转变为 LC3II;自噬抑制剂 3-甲基腺嘌呤 (3-MA) 不仅可以抑制麦冬皂苷 B 诱导的自噬作用,而且几乎完全逆转其抗增殖作用,提示麦冬皂苷 B 对 HeLa 细胞生长抑制作用为自噬依赖性;Western blotting 检测结果表明,麦冬皂苷 B 抑制 Akt、哺乳动物雷帕霉素靶蛋白 (mTOR) 和 p70S6K 蛋白的磷酸化并上调抑癌基因 PTEN 的蛋白表达,但并不引起 Caspase-3 蛋白的活化及二磷酸腺苷核糖多聚酶 (PARP) 的切割。该研究表明,麦冬皂苷 B 抑制 HeLa 细胞增殖与凋亡无关,而是通过抑制 Akt/mTOR 信号通路诱导其发生自噬。张小平等^[102]对水提麦冬多糖 WPOJ 进行 3 次化学修饰,使其分别具有羧甲基、磷酸基团、硫酸基团 3 种基团的特征吸收峰,然后采用 MTT 法评价这 3 种经过化学修饰后的麦冬多糖的抗肿瘤效果,结果表明修饰后 3 种麦冬多糖的抗肿瘤效果均

有较为明显的提高,其中以羧甲基化修饰的麦冬多糖具有最强的抑制癌细胞增殖的能力。

2.7 其他作用

石林林等^[103]研究麦冬多糖 MDG-1 对膳食诱导肥胖小鼠肠道益生菌多样性的影响,发现 MDG-1 可在一定程度上增加小鼠肠道益生菌的数量,尤其是台湾乳杆菌和鼠乳杆菌,同时改善肠道菌群多样性,促进肠道益生菌的增殖。

王旭等^[104]发现麦冬多糖 MDG-1 可以改善肥胖小鼠的代谢紊乱,其作用机制可能与减少肝脏中胆固醇及胆汁酸的生物合成、增强酮体的生成有关。

3 结语与展望

麦冬中含有甾体皂苷 72 种,包括呋甾皂苷和螺甾皂苷,其在降血糖、抵抗心肌缺血与局灶性脑缺血损伤、耐缺氧、抗肿瘤和抗凝血等方面具有显著的疗效;高异黄酮类化合物 36 种,在抗非小细胞肺癌、心肌保护及清除氧自由基等方面具有显著的疗效;麦冬多糖 11 种,是麦冬抗心肌缺血、降血糖、抗氧化和免疫调节的物质基础。麦冬及其提取物通过影响各种信号传导通路起到降血糖及抗肿瘤作用,还可通过诱导肿瘤细胞自噬而发挥抗肿瘤作用。麦冬总皂苷和各部位的提取物对改善炎症具有良好

的作用,特别是对放射性肺炎起到防治作用,能从多途径有效保护肺组织,不同程度上抑制或减轻肺泡的炎性反应。

尽管目前对麦冬药理作用的研究很多,但多局限于麦冬多糖或部分麦冬皂苷,而且对作用机制的研究也较少,因此限制了对它的深度开发及利用。在大健康理念的背景下,笔者认为应当从基础研究与转化应用2个方面进一步对麦冬进行研究:①在基础研究方面,麦冬的活性成分及药理作用机制有待更加深入的研究,可从分子、细胞水平探讨麦冬及其复方相关药理作用机制。另外,麦冬虽在《神农本草经》中被列为上品,但对其毒性的研究^[105-106]表明麦冬水煎剂可能存在诱变物质。因文献报道较少,对于麦冬的遗传毒性,尚需进一步研究和探讨。②在转化应用方面,作为可用于保健食品的麦冬,在倡导大健康的今天,更应该登上中医药发展的舞台施展功用。如在药食同源的基础上,可以致力于将麦冬发展成为中药大品种,可以用于育苗、种药以及农科院的研究;用作饮片、提取物、中成药的原料药;可依托于“互联网⁺”、电子微商等平台进行经营销售,还可将麦冬 GAP 基地作为实习、实践及科普基地。

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2015.
- [2] 于晓文, 杜鸿志, 孙立. 麦冬皂苷药理作用研究进展 [J]. 药学进展, 2014, 38(4): 279-284.
- [3] 王海燕, 黄琳, 胡若飞, 等. 麦冬皂苷提取分离及分析方法研究进展 [J]. 湖北文理学院学报, 2016, 37(2): 28-31.
- [4] Asano T, Murayama T, Hirai Y, et al. Comparative studies on the constituents of ophiopogonis tuber and its congeners. VIII. Studies on the glycosides of the subterranean part of *Ophiopogon japonicus* Ker-Gawler cv. Nanus. [J]. *Nanus Chem Pharm Bull*, 1993, 41(3): 566-570.
- [5] Sun K, Cao S, Pei L, et al. A steroidal saponin from *Ophiopogon japonicus* extends the lifespan of yeast via the pathway involved in SOD and UTH1 [J]. *Int J Mol Sci*, 2013, doi: 10.3390/ijms14034461.
- [6] Liu N, Wen X B, Liu J H, et al. Determination of ruscogenin in crude Chinese medicines and biological samples by immunoassay [J]. *Anal Bioanal Chem*, 2006, 386(6): 1727-1733.
- [7] Tada A, Shoji J. Studies on the constituents of *Ophiopogonis tuber* II. On the structure of ophiopogonin B [J]. *Chem Pharm Bull*, 1972, 20(8): 1729-1734.
- [8] Tada A, Kobayashi M, Shoji J. Studies on the constituents of *Ophiopogonis tuber* III. On the structure of ophiopogonin D [J]. *Chem Pharm Bull*, 1973, 21(2): 308-311.
- [9] Watanabe Y, Sanada S, Tada A, et al. Studies on the constituents of *Ophiopogonis tuber*. IV. On the structures of ophiopogonin A, B', C, C', and D' [J]. *Chem Pharm Bull*, 1977, 25(11): 3049-3055.
- [10] Wang Y, Xu J, Zhang L, et al. A new steroidal glycoside from the *Ophiopogon japonicus* Ker-Gawler (Liliaceae) [J]. *Nat Prod Res*, 2011, 25(1): 31-35.
- [11] Okanishi T, Akahori A, Yasuda F, et al. Steroidal saponins of sixteen *Liliaceae* plants [J]. *Chem Pharm Bull*, 1975, doi: 10.1248/cpb.23.575.
- [12] Duan C L, Li Y J, Li P, et al. Spirostanol saponins from the fibrous roots of *Ophiopogon japonicus* (Thunb.) Ker-Gawl. [J]. *Helv Chim*, 2010, 93(2): 227-232.
- [13] Li N, Zhang L, Zeng K W, et al. Cytotoxic steroidal saponins from *Ophiopogon japonicus* [J]. *Steroids*, 2013, 78(1): 1-7.
- [14] Nakanishi H, Kameda N. Studies on the component of *Ophiopogon tuber* (China) II [J]. *Yakugaku Zasshi*, 1987, 107(10): 780-784.
- [15] Adinolfi M, Parrilli M, Zhu Y X, Terpenoid glycosides from *Ophiopogon japonicus* roots [J]. *Phytochemistry*, 1990, 29(5): 1696-1699.
- [16] Chen J J, Zhu Z L, Luo S D. Cixi-ophiopogon A and B C27 steroidal glycosides from *Ophiopogon japonicas* [J]. *Plant Divers Resources*, 2000, 22(1): 97-102.
- [17] Dai H F, Mei W L. Ophiopogonin D, a new phenylpropanoid glycoside from *Ophiopogon japonicus* Ker-Gawl. [J]. *Arch Pharm Res*, 2005, 28(11): 1236-1238.
- [18] Zhang T, Kang L P, Yu H S, et al. Steroidal saponins from the tuber of *Ophiopogon japonicas* [J]. *Steroids*, 2012, 77(12): 1298-1305.
- [19] Dai H F, Zhou J, Ding Z T, et al. Two new steroidal glycosides from *Ophiopogon japonicas* [J]. *Chin J Chem*, 2000, 11(10): 901-904.
- [20] Cheng Z H, Wu T, Yu B Y, et al. Steroidal glycosides from tubers of *Ophiopogon japonicas* [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2006, 8(6): 555-559.
- [21] Wang J Z, Ye L M, Chen X B, et al. A new C27-steroidal glycoside from *Ophiopogon japonicas* [J]. *Chin J Chem*, 2008, 19(1): 82-84.
- [22] Xu Y J, Xu T H, Hao L Z, et al. Two new steroidal glucosides from *Ophiopogon japonicus* (L. f.) Ker-Gawl. [J]. *Chin J Chem*, 2008, 19(7), 825-828.
- [23] Zhou Y F, Hu Y Y, Mao J W, et al. Steroidal aglycones from acid-hydrolyzed products of *Ophiopogon japonicas*

- [J]. *Biotech*, 2013, 8(12): 1674-1677.
- [24] Qi J, Hu Z F, Zhou Y F, *et al.* Steroidal sapogenins and glycosides from the fibrous roots of *Ophiopogon japonicus* and *Liriope spicata* var. *prolifera* with anti-inflammatory activity [J]. *Chem Pharm Bull*, 2015, 63(3): 187-194.
- [25] Dai H F, Deng S M, Tan N H, *et al.* A new steroidal glycoside from *Ophiopogon japonicus* (Thunb.) Ker-Gawl. [J]. *J Integr Plant Biol*, 2005, 47(9): 1148-1152.
- [26] Ma S, Kou J, Yu B. Safety evaluation of steroidal saponin DT-13 isolated from the tuber of *Liriope muscari* (Decne.) Bailly [J]. *Food Chem Toxicol*, 2011, 49(9): 2243-2251.
- [27] Xu T H, Xu Y J, Xie S X, *et al.* A novel steroidal glycoside, ophiofurospiside A from *Ophiopogon japonicus* (Thunb.) Ker-Gawl. [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2008, 10(5/6): 415-418.
- [28] Xu T H, Xu Y J, Chen P, *et al.* A new furospirostanol saponin, ophiofurospiside B from *Ophiopogon japonicus* (Thunb.) Ker-Gawl. [J]. *Chem J Chin Univer*, 2007, 23(6): 742-744.
- [29] Zhang T, Zou P, Kang L P, *et al.* Two novel furostanol saponins from *Ophiopogon japonicas* [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2009, 11(9): 824-831.
- [30] 刘奕训. 川麦冬中甾体皂苷类成分的研究 [D]. 衡阳: 南华大学, 2013.
- [31] Liu Y, Meng L Z, Xie S X, *et al.* Studies on chemical constituents of *Ophiopogon japonicas* [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2014, 16(10): 982-990.
- [32] Duan C L, Wang Y, Ma X F, *et al.* A new furostanol glycoside with fatty acid synthase inhibitory activity from *Ophiopogon japonicas* [J]. *Chem Nat Compd*, 2012, 48(4): 613-615.
- [33] 曾品涛. 麦冬高异黄酮的制备及其抗非小细胞肺癌细胞活性研究 [D]. 重庆: 重庆理工大学, 2011.
- [34] Zhou Y F, Jin Q, Zhu D, *et al.* Homoisoflavonoids from *Ophiopogon japonicus* and its oxygen free radicals (OFRs) scavenging effects [J]. *Chin J Nat Med*, 2008, 6(3): 201-204.
- [35] 白 晶. 麦冬甾体皂苷和高异黄酮类成分的研究进展 [J]. 北京联合大学学报, 2014, 28(2): 9-12.
- [36] Guan J, Li S P. Discrimination of polysaccharides from traditional Chinese medicines using saccharide mapping-Enzymatic digestion followed by chromatographic analysis [J]. *J Pharm Biomed*, 2010, 51(3): 590-598.
- [37] Tada A, Kasai R, Saitoh T, *et al.* Studies on the constituents of *Ophiopogonis* tuber. V. Isolation of a novel class of homoisoflavonoids and determination of their structures (1) [J]. *Chem Pharm Bull*, 1980, 28(5): 1477-1484.
- [38] Tada A, Kasai R, Saitoh T, *et al.* Studies on the constituents of *Ophiopogonis* tuber. VI. Structures of homoisoflavonoids (2) [J]. *Chem Pharm Bull*, 1980, 28(7): 2039-2044.
- [39] Zhou C X, Zou L, Mo J X, *et al.* Homoisoflavonoids from *Ophiopogon japonicas* [J]. *Helv Chim Acta*, 2013, 96(7): 1397-1405.
- [40] Asano T, Murayama T, Hirai Y, *et al.* Comparative studies on the constituents of *Ophiopogonis* tuber and its congeners. VII. Studies on the homoisoflavonoids of the subterranean part of *Ophiopogon japonicus* Ker-Gawler cv. Nanus. 2. [J] *Chem Pharm Bull*, 1993, 41(3): 391-393.
- [41] Duan C L, Kang Z Y, Lin C R, *et al.* Two new homoisoflavonoids from the fibrous roots of *Ophiopogon japonicus* (Thunb.) Ker -Gawl. [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2009, 11(10): 876-879.
- [42] Lan S, Yi F, Shuang L, *et al.* Chemical constituents from the fibrous root of *Ophiopogon japonicus*, and their effect on tube formation in human myocardial microvascular endothelial cells [J]. *Fitoterapia*, 2013, 85(1): 57-63.
- [43] Chang J, Shen C, Huang Y, *et al.* Five new homoisoflavonoids from the tuber of *Ophiopogon japonicas* [J]. *J Nat Prod*, 2002, 65(11): 1731-1733.
- [44] Watanabe Y, Sanada S, Ida Y, *et al.* Comparative studies on the constituents of *Ophiopogonis* tuber and its congeners. IV. Studies on the homoisoflavonoids of the Subterranean part of *Ophiopogon ohwii* Okuyama and *Ophiopogon jaburan* (Kunth) Lodd. [J]. *Chem Pharm Bull*, 1984, 33(12): 5358-5363.
- [45] Nguyen T H, van Sung T, Porzel A, *et al.* Homoisoflavonoids from *Ophiopogon japonicus* Ker-Gawler [J]. *Phytochemistry*, 2003, 62(7): 1153-1158.
- [46] Hung T M, Thu C V, Dat N T, *et al.* Homoisoflavonoid derivatives from the roots of *Ophiopogon japonicus* and their *in vitro* anti-inflammation activity [J]. *Bioorg Med Chem Lett*, 2010, 20(8): 2412-2416.
- [47] Kaneda N, Nakanishi H, Kuraishi T, *et al.* Studies on the components of *Ophiopogon* roots (China). I [J]. *Yakugaku Zasshi*, 1983, 103(11): 1133-1139.
- [48] Li N, Zhang J Y, Zeng K W, *et al.* Anti-inflammatory homoisoflavonoids from the tuberous roots of *Ophiopogon japonicas* [J]. *Fitoterapia*, 2012, 83(6): 1042-1045.
- [49] 曹 爽, 付绍智, 王永多, 等. 麦冬多糖药理作用研究进展 [J]. 安徽农业科学, 2015, 43(28): 63.
- [50] 折改梅, 石阶平. 麦冬多糖 Md-1、Md-2 化学结构的研究 [J]. 中药材, 2003, 26(2): 100-101.
- [51] Wang S, Zhang Z, Lin X, *et al.* A polysaccharide, MDG-1, induces S1P1 and bFGF expression and augments survival and angiogenesis in the ischemic heart

- [J]. *Glycobiology*, 2010, 20(4): 473-484.
- [52] Zheng Q, Feng Y, Xu D S, *et al.* Influence of sulfation on anti-myocardial ischemic activity of *Ophiopogon japonicus* polysaccharide [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2009, 11(4): 306-321.
- [53] Wu X, Dai H, Huang L, *et al.* A fructan, from *Radix Ophiopogonis*, stimulates the proliferation of cultured lymphocytes: Structural and functional analyses [J]. *J Nat Prod*, 2006, 69(9): 1257-1260.
- [54] Xiong S L, Li A, Huang N, *et al.* Antioxidant and immunoregulatory activity of different polysaccharide fractions from tuber of *Ophiopogon japonicas* [J]. *Carbohydr Polym*, 2011, 86(3): 1273-1280.
- [55] Wang X M, Sun R G, Zhang J, *et al.* Structure and antioxidant activity of polysaccharide POJ-U1a extracted by ultrasound from *Ophiopogon japonicus* [J]. *Fitoterapia*, 2012, 83(8): 1576-1584.
- [56] Chen X, Jin J, Tang J, *et al.* Extraction, purification, characterization and hypoglycemic activity of a polysaccharide isolated from the root of *Ophiopogon japonicas* [J]. *Carbohydr Polym*, 2011, 83(2): 749-754.
- [57] Iqbal Z, Hiradate S, Araya H, *et al.* Plant growth inhibitory activity of *Ophiopogon japonicus* Ker-Gawler and role of phenolic acids and their analogues: A comparative study [J]. *Plant Growth Regul*, 2004, 43(3): 245-250.
- [58] 程志红, 吴 弢, 李林洲, 等. 中药麦冬脂溶性化学成分的研究 [J]. 中国药理学杂志, 2005, 40(5): 20-24.
- [59] Cheng Z H, Wu T, Yu B Y, Chemical constituents in the tubers of *Ophiopogon japonicus* [J]. *Nat Prod Res* 2005, 17(1): 1-3.
- [60] 沈宏林, 向能军, 许 永, 等. GC-MS 分析麦冬中脂溶性成分 [J]. 光谱实验室, 2008, 25(4): 669-672.
- [61] Cheng Z, Wu T, Annie B S, *et al.* *cis*-Eudesmane sesquiterpene glycosides from *Liriope muscari* and *Ophiopogon japonicas* [J]. *J Nat Prod*, 2004, 67(10): 1761-1763.
- [62] Kato H, Sakuma S, Tada A, *et al.* Studies on the constituents of *Ophiopogonis tuber*. I. Isolation of steroidal glycosides from tuber of *Ophiopogon japonicus* Ker-Gawler var. *genuinus* Maxim [J]. *Yakugaku Zasshi*, 1968, 88(6): 710-714.
- [63] 毛 讯. 麦冬冬提取物对糖尿病小鼠空腹血糖及胸腺、脾脏指数的影响 [J]. 中国老年学杂志, 2010, 30(13): 1861-1862.
- [64] 张克英, 杨 琴, 勾宗蓉, 等. 川麦冬多糖降血糖实验研究 [J]. 四川中医, 2012, 30(2): 58-60.
- [65] 陆小元. 麦冬多糖对 2 型糖尿病大鼠肾脏的保护作用 [J]. 实用临床医药杂志, 2012, 16(24): 11-14.
- [66] 宁 萌, 潘 亮, 谢文利, 等. 麦冬提取物的降糖作用及其抗胰岛素抵抗的机制研究 [J]. 解放军医学杂志, 2013, 38(1): 26-29.
- [67] 陈 莉, 何立英, 金 鑫. 麦冬多糖对脂肪细胞胰岛素敏感性的作用机制 [J]. 武警后勤学院学报, 2013, 22(1): 5-8.
- [68] 沙建平, 马红英, 陈晓文, 等. 麦冬对糖尿病大鼠胰岛 β 细胞的保护作用 [J]. 成都中医药大学学报, 2014, 37(3): 23-24.
- [69] 廖 靖, 蔡东红, 符爱珍. 麦冬提取物对妊娠期胰岛抵抗小鼠尿蛋白水平和脂联素表达的影响 [J]. 药学研究, 2014, 33(6): 321-322.
- [70] 肖培根. 新编中药志 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.
- [71] 孟 晨, 袁彩华, 张晨晨, 等. 麦冬皂苷 D 通过减轻内质网应激对阿霉素所致心肌损伤产生保护作用 [J]. 药理学学报, 2014, 49(8): 1117-1123.
- [72] 李 霞. 麦冬多糖-I 对心肌缺血再灌注大鼠内皮祖细胞与缺血修饰白蛋白变化的影响 [J]. 中国老年学杂志, 2015, 35(19): 5449-5450.
- [73] 王 远, 王宇光, 马增春, 等. 麦冬皂苷 D 通过降低自噬抑制血管紧张素 II 诱导的心肌肥大 [J]. 中国药理学通报, 2016, 22(9): 1370-1376.
- [74] 苟兴能, 张克英, 杨兴江, 等. 川麦冬多糖对恒磁场致小鼠免疫损伤的防护作用 [J]. 四川中医, 2009, 27(5): 18-20.
- [75] Xiong S L, Hou D B, Hang N, *et al.* Preparation and biological activity of saponin from *Ophiopogon japonicas* [J]. *J Dairy Res*, 2012, 25(2): 315-321.
- [76] 李 明. 麦冬多糖对训练大鼠免疫及抗氧化功能的影响 [J]. 食品科技, 2014, 39(8): 182-186.
- [77] 史建勋, 茅海琼, 胡卓逸. 麦冬多糖对家蚕、果蝇寿命和对衰老小鼠单胺氧化酶及血清溶血素的影响 [J]. 中国中药杂志, 2009, 34(13): 1737-1740.
- [78] 刘用国, 张红雷. 短葶山麦冬总多糖对小鼠免疫功能的影响 [J]. 海峡药学, 2014, 26(11): 30-32.
- [79] 李成荫, 汪 悦, 孙丽霞, 等. 麦冬多糖对 NOD 小鼠颌下腺保护作用研究 [J]. 中国免疫学杂志, 2014, 30(2): 198-201.
- [80] 刘用国, 许娇红, 张红雷. 短葶山麦冬多糖对小鼠腹腔巨噬细胞功能的影响 [J]. 中成药, 2015, 37(10): 2290-2292.
- [81] 廖慧玲, 尹思源, 毛樱逾, 等. 麦冬抗皮肤衰老作用探讨 [J]. 山西中医, 2007, 23(3): 53-54.
- [82] 陆洪军, 宋丽娜, 付天佐, 等. 麦冬多糖对亚急性衰老小鼠皮肤组织衰老程度的影响 [J]. 中国老年学杂志, 2015, 35(4): 2160-2161.
- [83] 王 璐, 李中平, 曹艳亚, 等. 沙参麦冬汤对皮肤光老化模型小鼠的保护作用 [J]. 中国老年学杂志, 2015, 35(3): 1628-1631.

- [84] Tian Y Q, Kou J P, Li L Z, *et al.* Anti-inflammatory effects of aqueous extract from *Radix Liriope muscari* and its major active fraction and component [J]. *Chin J Nat Med*, 2011, 9(3): 222-226.
- [85] 王晓颖. 麦冬对 C57BL/6 小鼠放射性肺炎的防治作用研究 [D]. 福州: 福建医科大学, 2014.
- [86] 曹春琪, 赵跃东, 张旗, 等. 麦冬不同提取部位对 LPS 诱导的 RAW264.7 细胞分泌炎症因子的影响 [J]. 中医药信息, 2016, 33(2): 11-15.
- [87] 赵博, 陈超, 饶娅琦, 等. 复方麦冬丸的镇痛抗炎作用 [J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2007, 11(21): 4186-4190.
- [88] 马丽, 寇俊萍, 黄跃, 等. 鲁斯可皂苷元对 HL-60 与 ECV304 细胞黏附的影响 [J]. 中国药理学通报, 2006, 22(6): 706-709.
- [89] 袁嘉瑞, 汪春飞, 宋捷, 等. 麦冬醇提物抑制肺癌生长及自噬作用研究 [J]. 中草药, 2016, 47(9): 1541-1547.
- [90] 江闰德, 宋春丽, 邓飞. 二冬膏抗 NF- κ B 抑制介导的人肺癌细胞效应探讨 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2016, 22(8): 133-136.
- [91] 刘燕, 赵益, 蓝希明, 等. 二冬膏延缓胃癌发生的作用机制 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2016, 22(20): 132-137.
- [92] 孙昊鑫, 余世平, 朱金华, 等. 二冬膏对乌拉坦诱导肺肿瘤模型鼠 TNF- α 、IL-10、TGF- β 1 及肿瘤发生的影响 [J]. 中药药理与临床, 2015, 31(6): 7-10.
- [93] 孙昊鑫, 朱金华, 郭慧君, 等. 二冬膏对小鼠诱发性肺肿瘤发生及 TNF- α 、IL-6、IL-10、Foxp3 的影响 [J]. 中药药理与临床, 2013, 29(6): 1-3.
- [94] 舒琦瑾, 吴良村. 新加沙参麦冬汤抗肿瘤的实验研究 [J]. 中国中医基础医学杂志, 2002, 8(4): 34-36.
- [95] 陈美娟. 麦冬皂苷类成分对 NSCLC 的体外抑制作用及相关机理研究 [D]. 南京: 南京中医药大学, 2014.
- [96] Sun L, Lin S S, Zhao R P, *et al.* The saponin monomer of dwarf lilyturf tuber, DT-13, reduces human breast cancer cell adhesion and migration during hypoxia via regulation of tissue factor [J]. *Biol Pharm Bull*, 2010, 33(7): 1192-1198.
- [97] 周宇辉, 詹臻, 唐于平, 等. 麦门冬合千金苇茎汤抑制 A549 细胞增殖作用及其机制 [J]. 中国肺癌杂志, 2010, 13(5): 477-482.
- [98] 张桂贤, 刘大卫, 胡人杰. 麦冬提取物“抗肿瘤 I 号”小鼠体内抑瘤作用 [J]. 杏林中医药, 2014, 34(10): 987-989.
- [99] 邱雯莉, 姜泽群, 陈海彬, 等. 麦冬皂苷 B 体外调控非小细胞肺癌 A549 细胞 miRNA-34b 表达的研究 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2016, 18(4): 620-625.
- [100] 余伯阳, 殷霞, 荣祖元, 等. 短葶山麦冬皂苷 C 的药理活性研究 [J]. 中国药科大学学报, 1994, 25(5): 286-288.
- [101] 许秋菊, 侯莉莉, 胡国强, 等. 麦冬皂苷 B 诱导人宫颈癌 HeLa 细胞自噬的机制 [J]. 药学报, 2013, 48(6): 855-859.
- [102] 张小平, 孙润广, 王小梅, 等. 化学修饰水提麦冬多糖 WPOJ 的抗肿瘤活性研究 [J]. 食品与生物技术学报, 2014, 33(4): 368-373.
- [103] 石林林, 王源, 冯怡. 麦冬多糖 MDG-1 对膳食诱导肥胖模型小鼠肠道益生菌群多样性影响的研究 [J]. 中国中药杂志, 2015, 40(4): 716-721.
- [104] 王旭, 朱云云, 石林林, 等. 麦冬多糖调控肥胖小鼠脂质代谢紊乱的代谢组学研究 [J]. 中国科技论文在线精品论文, 2016, 9(11): 1101-1108.
- [105] 马艳春, 朱丹妮, 余伯阳, 等. 麦冬水提物抗急性心肌缺血活性部位的初步筛选 [J]. 时珍国医国药, 2013, 24(3): 561-563.
- [106] 孟晨, 袁彩华, 张晨晨, 等. 麦冬皂苷 D 通过减轻内质网应激对阿霉素所致心肌损伤产生保护作用 [J]. 药学报, 2014, 49(8): 1117-1123.