

# 百合的化学成分及药理作用研究进展

刘鹏, 林志健, 张冰\*

(北京中医药大学 中药学院, 北京 100102)

**[摘要]** 百合是一种药食同源的中药,在我国资源丰富,分布广泛,具有较高的开发利用价值。目前研究发现,百合含有甾体皂苷、多糖、酚酸甘油酯、生物碱、黄酮、氨基酸、磷脂及其他烷烃等成分,主要为多糖及甾体皂苷。药理研究表明,其具有抗肿瘤、抗抑郁、抗氧化、降血糖、抗疲劳与耐缺氧、免疫调节,抗炎,抑制  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATP 酶等作用。百合可抑制多种癌细胞增殖,并促进其凋亡,主要活性成分为多糖、甾体皂苷及生物碱。其中甾体皂苷还是百合抗抑郁的活性成分。笔者通过检索中国知网,万方,ScienceDirect,PubMed,Web of Science 等数据库,对近 30 年有关百合的化学成分及药理作用的文献,进行整理,分析和总结,系统地综述了百合化学成分及药理作用的研究进展,旨在为百合的深入研究和开发利用提供理论参考。

**[关键词]** 百合; 化学成分; 药理作用; 甾体皂苷; 多糖; 抗肿瘤; 抗抑郁; 抗氧化

**[中图分类号]** R284.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2017)23-0201-11

**[doi]** 10.13422/j.cnki.syfjx.2017230201

**[网络出版地址]** <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20170828.1053.002.html>

**[网络出版时间]** 2017-08-28 10:53

## Research Progress on Chemical Constituents and Pharmacological Effect of Lili Bulbus

LIU Peng, LIN Zhi-jian, ZHANG Bing\*

(School of Chinese Materia Medica, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100102, China)

**[Abstract]** As a kind of medicine and food homology plant with great utilization value, Lili Bulbus is rich in resources and widely distributed in China. Phytochemical researches have shown that Lili Bulbus contains, phenols-glycerides, alkaloids, flavones, amino acids, phospholipids, alkanes and other compositions, and mainly of steroidal saponins and polysaccharides. Pharmacological researches have shown that Lili Bulbus exhibits excellent antitumor, antidepression, antioxidant, hypoglycemic, antifatigue, antihypoxia, immunomodulatory anti-inflammatory, and  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPase inhibitory effect. Polysaccharides, steroidal saponins and alkaloids in Lili Bulbus can inhibit the proliferation and promote the apoptosis of multiple cancer cells. Also, the steroidal saponin is the active ingredient for antidepression effect. The present paper reviewed the phytochemistry and pharmacological activities research in the past 30 years of Lili Bulbus through accessing multiple databases such as CNKI, Wanfang, ScienceDirect, PubMed and Web of science, aiming to provide reference for further research and utilization of Lili Bulbus.

**[Key words]** Lili Bulbus; chemical constituents; pharmacological effects; steroidal saponin; polysaccharide; antitumor; antidepression; antioxidant

百合为临床常用中药,始载于《神农本草经》,被列为中品。2015 年版《中国药典》规定百合为百

合科植物卷丹 *Lilium lancifolium*, 百合 *L. brownii* var. *viridulum* 或细叶百合 *L. pumilum* 的干燥肉质

**[收稿日期]** 20170723 (009)

**[基金项目]** 国家自然科学基金项目(81673618,81403152);北京市自然科学基金项目(7162117)

**[第一作者]** 刘鹏,从事中医药防治代谢性疾病的研究,Tel: 010-64286335,E-mail:1617106464@qq.com

**[通讯作者]** \*张冰,博士,教授,主任医师,从事中医药防治代谢性疾病的研究,Tel:010-64286335,E-mail: zhangbing@263.net

鳞叶。其性味甘寒,归心、肺经。具有养阴润肺止咳,清心安神的功效,临床用于治疗燥热咳嗽、劳嗽久咳、痰中带血、虚烦惊悸、失眠多梦、精神恍惚<sup>[1]</sup>。我国百合资源丰富,分布广泛,主产于湖南、四川、江苏、河南及浙江等地。近年研究发现其具有丰富的药理活性,特别是对肿瘤、抑郁等表现出显著的抑制作用,但其研发出的相关产品较少。本文对有关中药百合的化学成分及药理作用研究进展做了总结,旨在为百合的深入研究及在医药、食品等行业的开发应用提供理论参考。

## 1 化学成分

**1.1 酚酸甘油酯类** 酚酸甘油酯为百合苦味的主要物质基础<sup>[2]</sup>。LUO 等<sup>[3]</sup>从卷丹中分离出 7 个酚类成分(1, 3, 10, 11, 12, 13, 14)。周中流等<sup>[4]</sup>从卷丹中分离出 1-*O*-咖啡酰单甘油酯(2)。Shimomura 等<sup>[2,5-7]</sup>从百合中分离出酚酸甘油酯(8, 9, 21, 22)。Mimaki 等<sup>[8-10]</sup>从百合中分离出了化合物(7, 15, 16, 17, 18, 19, 20)。WANG 等<sup>[11]</sup>从 9 百合中分离出 6

种酚酸类物质,分别是对香豆酸(4),阿魏酸(5),绿原酸(6),没食子酸(23),香草酸(24),丁香酸(25)。具体结构见图 1 及表 1。

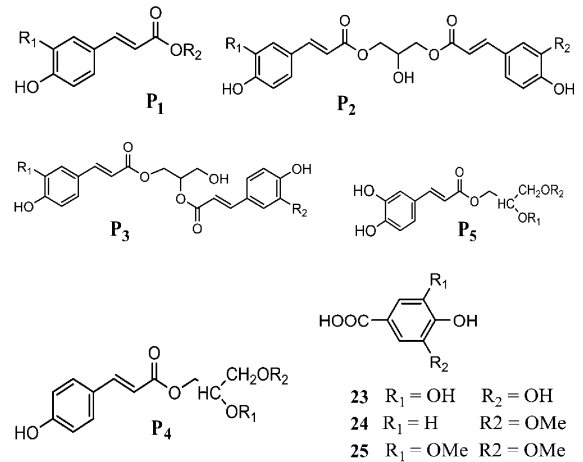


图 1 百合中酚酸甘油酯母核结构及部分化合物

Fig.1 Nuclear structure of phenylpropanoid glycerides and some compounds in Lili Bulbus

表 1 百合中酚酸甘油酯类化合物

Table 1 Compounds of phenylpropanoid glycerides in Lili Bulbus

No.	名称	母核	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	参考文献
1	1- <i>O</i> -feruloylglycerol	P <sub>1</sub>	OCH <sub>3</sub>	CH <sub>2</sub> -CH(OH)-CH <sub>2</sub> (OH)	[3, 10]
2	1- <i>O</i> -咖啡酰单甘油酯	P <sub>1</sub>	OH	CH <sub>2</sub> -CH(OH)-CH <sub>2</sub> (OH)	[4]
3	1- <i>O</i> - <i>p</i> -coumaroylglycerol	P <sub>1</sub>	H	CH <sub>2</sub> -CH(OH)-CH <sub>2</sub> (OH)	[3-4]
4	对香豆酸	P <sub>1</sub>	H	H	[11]
5	阿魏酸	P <sub>1</sub>	O CH <sub>3</sub>	H	[11]
6	绿原酸	P <sub>1</sub>	OH	3-quinic acid	[11]
7	6'- <i>O</i> -feruloylsucrose	P <sub>1</sub>	OCH <sub>3</sub>	sucrose	[9]
8	3,6'-diferuloylsucrose	P <sub>1</sub>	OCH <sub>3</sub>	sucrose-6'-feruloyl	[2]
9	regaloside F	P <sub>1</sub>	OCH <sub>3</sub>	3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -Glc-glycerol	[5]
10	1- <i>O</i> -caffeoyl-3- <i>O</i> - <i>p</i> -coumaroylglycerol	P <sub>2</sub>	OH	H	[3]
11	1,3- <i>O</i> -diferuloylglycerol	P <sub>2</sub>	OCH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>	[3, 10]
12	1- <i>O</i> -feruloyl-3- <i>O</i> - <i>p</i> -coumaroylglycerol	P <sub>2</sub>	OCH <sub>3</sub>	H	[3, 10]
13	1,3- <i>O</i> -di- <i>p</i> -coumaroylglycerol	P <sub>2</sub>	H	H	[3]
14	1,2- <i>O</i> -diferuloylglycerol	P <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>	[3, 10]
15	1- <i>O</i> -feruloyl-2- <i>O</i> - <i>p</i> -coumaroylglyarol	P <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>	H	[10]
16	1- <i>O</i> - <i>p</i> -coumaroyl-2- <i>O</i> -feruloylglyarol	P <sub>3</sub>	H	OCH <sub>3</sub>	[10]
17	regaloside A	P <sub>4</sub>	H	β- <i>D</i> -Glu	[6, 12]
18	regaloside B	P <sub>4</sub>	β- <i>D</i> -Glu	COCH <sub>3</sub>	[10]
19	regaloside D	P <sub>4</sub>	β- <i>D</i> -Glu	H	[10]
20	regaloside H	P <sub>4</sub>	H	β- <i>D</i> -Glu	[8]
21	regaloside C	P <sub>5</sub>	H	β- <i>D</i> -Glu	[7, 12]
22	regaloside E	P <sub>5</sub>	β- <i>D</i> -Glu	acetyl	[5]

**1.2 甾体皂苷类** 百合中的苷类物质主要为甾体皂苷,根据苷元结构的不同,可分为螺甾烷醇型、异螺甾烷醇型、变形螺甾烷醇型和呋甾烷醇型四类。苷元上连接的糖主要有葡萄糖、鼠李糖、甘露糖、阿

拉伯糖及木糖,糖的连接方式为 1→2, 1→3, 1→4, 1→6。目前,从百合中分离得到的甾体皂苷共有 51 个,具体见表 2 和图 2。

**1.3 其他苷类及烷烃类** 胡文彦等<sup>[12]</sup>从卷丹

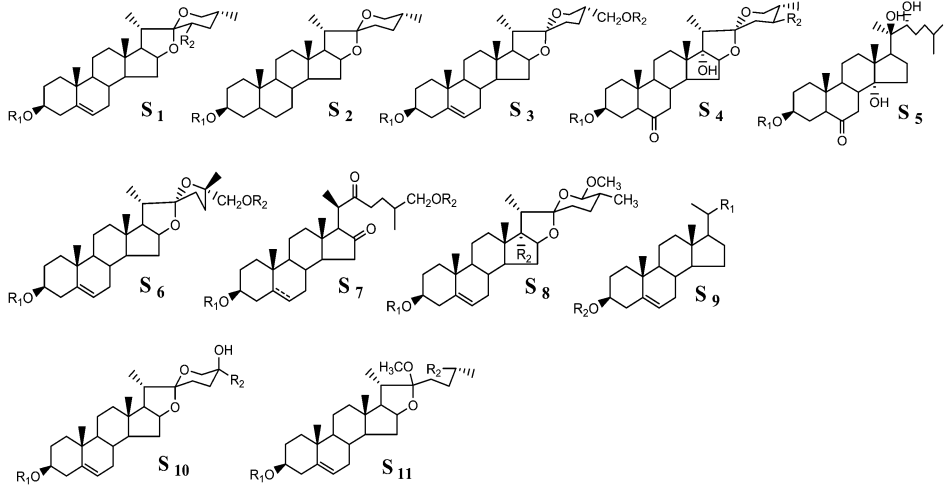


图 2 百合中甾体皂苷母核结构

Fig. 2 Nuclear structure of steroidal saponins in Lili Bulbus

表 2 百合中甾体皂苷类化合物

Table 2 Steroidal saponins in Lili Bulbus

No.	名称	母核	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	参考文献
26	麦冬皂苷 D	S <sub>1</sub>	$\alpha$ -L-Rha-(1→2)-O-[ $\beta$ -D-Xyl(1→3)]- $\beta$ -D-Glc	H	[16]
27	(25R)-spirost-5-en-3 $\beta$ -yl-O- $\alpha$ -L-Rha-(1→2)-O-[ $\beta$ -D-Glc-(1→6)]- $\beta$ -D-Gls	S <sub>1</sub>	$\alpha$ -L-Rha-(1→2)-O-[ $\beta$ -D-Glc(1→6)]- $\beta$ -D-Glc	H	[12,17]
28	卷丹皂苷 A	S <sub>1</sub>	$\alpha$ -L-Rha-(1→2)-O-[ $\alpha$ -L-Ara-(1→3)]- $\beta$ -D-Glc	H	[16]
29	(25R)-3 $\beta$ -hydroxyl-5- $\alpha$ -spirostan-6-one-(laxogenin) 3-O- $\alpha$ -L-Rha-(1→2)- $\beta$ -D-Gls	S <sub>1</sub>	$\alpha$ -L-Rha-(1→2)- $\beta$ -D-Glc	H	[18]
30	(25R, 26R)-26-Mos-5-en-3 $\beta$ -yl-O- $\alpha$ -L-Rha-(1→2)-O-[ $\beta$ -D-Glc-(1→6)]- $\beta$ -D-Gls	S <sub>1</sub>	$\alpha$ -L-Rha-(1→2)-O-[ $\beta$ -D-Glc(1→6)]- $\beta$ -D-Glc	OH	[17]
31	百合皂苷 2	S <sub>1</sub>	Glc-Rha-Glc	H	[19-20]
32	薯蓣皂苷元	S <sub>1</sub>	H	H	[11]
33	薯蓣皂苷	S <sub>1</sub>	$\alpha$ -L-Rha-(1→4)-O-[ $\alpha$ -L-Rha-(1→2)]- $\beta$ -D-Glc	H	[11]
34	百合皂苷 1	S <sub>2</sub>	Glc-Rha-Glc		[19-20]
35	27-O-[(3S)-3-O- $\beta$ -D-Glc-HMG]-isonarthogenin-3-O-[ $\alpha$ -L-Rha-(1→2)]- $\beta$ -D-Gls	S <sub>3</sub>	$\alpha$ -L-Rha-(1→2)- $\beta$ -D-Glc	(3S)-3-O- $\beta$ -D-Glc-HMG	[21]
36	brownioside	S <sub>3</sub>	$\alpha$ -L-Rha-(1→2)- $\beta$ -D-Glc	(3S)-HMG	[22-23]
37	deacylbrownioside	S <sub>3</sub>	$\alpha$ -L-Rha-(1→2)- $\beta$ -D-Glc	H	[22-23]
38	(25S)-27-hydroxyspirost-5-en-3 $\beta$ -O- $\alpha$ -L-Rha-(1→2)-O-[ $\beta$ -D-Glc-(1→6)]- $\beta$ -D-Gls	S <sub>3</sub>	$\alpha$ -L-Rha-(1→2)-O-[ $\beta$ -D-Glc(1→6)]- $\beta$ -D-Glc	H	[17]
39	(25R)-27-O-HMG-spirost-5-ene-3 $\beta$ , 27-diol3-O-[O- $\alpha$ -L-Rha-(1→2)-O-[ $\beta$ -D-Glc-(1→4)]- $\beta$ -D-Gls]	S <sub>3</sub>	$\alpha$ -L-Rha-(1→2)-O-[ $\beta$ -D-Glc(1→4)]- $\beta$ -D-Glc	HMG	[23-24]
40	(25S)-spirost-5-ene-3 $\beta$ , 27-diol3-O-[O- $\alpha$ -L-Rha-(1→2)-O-[ $\beta$ -D-Glc-(1→4)]- $\beta$ -D-Gls]	S <sub>3</sub>	$\alpha$ -L-Rha-(1→2)-O-[ $\beta$ -D-Glc-(1→4)]- $\beta$ -D-Glc	H	[24]
41	(25S)-spirost-5-ene-3 $\beta$ , 27-diol3-O-[O- $\alpha$ -L-Rha-(1→2)-O-[ $\alpha$ -L-Ara-(1→3)]- $\beta$ -D-Gls]	S <sub>3</sub>	$\alpha$ -L-Rha-(1→2)-O-[ $\alpha$ -L-Ara-(1→3)]- $\beta$ -D-Glc	H	[24]

续表 2

No.	名称	母核	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	参考文献
42	(25R)-27-O-HMG-spirost-5-ene-3 $\beta$ , 27-diol-3-O- $\{O-\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-O-[\alpha-L-Ara-(1\rightarrow3)]-\beta-D-Gls\}$	S <sub>3</sub>	$\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-O-[\alpha-L-Ara-(1\rightarrow3)]-\beta-D-Glc$	HMG	[24]
43	isonarthogenin-3-O- $\{O-\beta-D-Glc-(1\rightarrow3)-O-\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-O-[\beta-D-Glc-(1\rightarrow4)]-\beta-D-Gls\}$	S <sub>3</sub>	$\beta-D-Glc-(1\rightarrow3)-O-\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-O-[\beta-D-Glc-(1\rightarrow4)]-\beta-D-Glc$	H	[25]
44	(25R)-3 $\beta$ , 17 $\alpha$ -dihydroxy-5 $\alpha$ -spirostan-6-one-3-O- $\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-\beta-D-Gls$	S <sub>4</sub>	$\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-\beta-D-Glc$	H	[18,26]
45	(25R)-3 $\beta$ , 17 $\alpha$ -dihydroxy-5 $\alpha$ -spirostan-6-one-3-O- $\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-O-[\alpha-L-Ara-(1\rightarrow3)]-\beta-D-Gls$	S <sub>4</sub>	$\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-O-[\alpha-L-Ara-(1\rightarrow3)]-\beta-D-Glc$		[8]
46	(24S, 25S)-3 $\beta$ , 17 $\alpha$ , 24-trihydroxy-5 $\alpha$ -spirostan-6-one-3-O- $[\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)]-\beta-D-Gls$	S <sub>4</sub>	$\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-\beta-D-Glc$	OH	[21]
47	tenuifoliol-3-O- $[\beta-D-Glc-(1\rightarrow4)]-\beta-D-Gls$	S <sub>5</sub>	$\beta-D-Glc-(1\rightarrow4)]-\beta-D-Glc$		[21]
48	tenuifoliol-3-O- $[\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)]-\beta-D-Gls$	S <sub>5</sub>	$\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-\beta-D-Glc$		[8]
49	tenuifolioside A	S <sub>5</sub>	$\beta-D-Glc$		[21]
50	26-O- $\beta-D-Glc$ nuatigenin.	S <sub>6</sub>	H	$\beta-D-Glc$	[21]
51	26-O- $\beta-D-Glc$ nuatigenin-3-O- $\beta-D-Gls$	S <sub>6</sub>	$\beta-D-Glc$	$\beta-D-Glc$	[21]
52	26-O- $\beta-D-Glc$ -nuatigenin-3-O- $[\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-[\beta-D-Glc-(1\rightarrow6)]]-\beta-D-Gls$	S <sub>6</sub>	$\{\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-[\beta-D-Glc-(1\rightarrow6)]\}-\beta-D-Glc$	$\beta-D-Glc$	[21]
53	26-O- $[\beta-D-Glc-(1\rightarrow2)]-\beta-D-Glc$ -nuatigenin-3-O- $[\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)]-\beta-D-Gls$	S <sub>6</sub>	$\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-\beta-D-Glc$	$\beta-D-Glc-(1\rightarrow2)\beta-D-Glc$	[21]
54	26-O- $\beta-D-Glc$ -nuatigenin-3-O- $\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-\beta-D-Gls$	S <sub>6</sub>	$\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-\beta-D-Glc$	$\beta-D-Glc$	[21-22]
55	26-O- $\beta-D-Glc$ -nuatigenin-3-O- $\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-O-[\beta-D-Glc-(1\rightarrow4)]-\beta-D-Gls$	S <sub>6</sub>	$\{\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-[\beta-D-Glc-(1\rightarrow4)]\}-\beta-D-Glc$	$\beta-D-Glc$	[21-22]
56	26-O- $\beta-D-Glc$ -3 $\beta$ , 26-dihydroxy-5-cholesten-16, 22-dioxo-3-O- $\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-\beta-D-Gls$	S <sub>7</sub> ( $\Delta^5$ )	$\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-\beta-D-Glc$	$\beta-D-Glc$	[21,27]
57	26-O- $\beta-D-Glc$ -3 $\beta$ , 26-dihydroxy-cholesten-16, 22-dioxo-3-O- $\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-\beta-D-Gls$	S <sub>7</sub> (5 $\alpha$ -H)	$\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-\beta-D-Glc$	$\beta-D-Glc$	[27,29]
58	(25R, 26R)-26-Mos-5-en-3 $\beta$ -yl-O- $\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-O-[\beta-D-Glc-(1\rightarrow6)]-\beta-D-Gls$	S <sub>8</sub>	$\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-O-[\beta-D-Glc(1\rightarrow6)]-\beta-D-Glc$	H	[17]
59	(25R, 26R)-17 $\alpha$ -hydroxy-26-Mos-5-en-3 $\beta$ -yl-O- $\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-O-[\beta-D-Glc-(1\rightarrow6)]-\beta-D-Gls$	S <sub>8</sub>	$\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-O-[\beta-D-Glc(1\rightarrow6)]-\beta-D-Glc$	OH	[17]
60	(25R, 26R)-26-Mos-5-en-3 $\beta$ , 17 $\alpha$ -diol-3-O- $\{O-\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-O-[\beta-D-Glc-(1\rightarrow4)]-\beta-D-Gls\}$	S <sub>8</sub>	$\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-O-[\beta-D-Glc(1\rightarrow4)]-\beta-D-Glc$	OH	[25]
61	(25R, 26R)-26-Mos-5-en-3 $\beta$ , 17 $\alpha$ -diol-3-O- $\{O-\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-\beta-D-Gls\}$	S <sub>8</sub>	$\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-\beta-D-Glc$	OH	
62	(25R, 26R)-26-Mos-5-en-3 $\beta$ , 17 $\alpha$ -diol-3-O- $\{O-\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-O-[\beta-D-Glc-(1\rightarrow4)]-\beta-D-Gls\}$	S <sub>8</sub>	$\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-O-[\beta-D-Glc(1\rightarrow4)]-\beta-D-Glc$	OH	[25]
63	(25R, 26R)-26-Mos-5-en-3 $\beta$ -ol-3-O- $\{O-\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-O-[\beta-D-Glc-(1\rightarrow4)]-\beta-D-Gls\}$	S <sub>8</sub>	$\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-O-[\beta-D-Glc(1\rightarrow4)]-\beta-D-Glc$	H	[8,24]
64	(25R, 26R)-26-Mos-5-en-3 $\beta$ -ol-3-O- $\{O-\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-\beta-D-Gls\}$	S <sub>8</sub>	$\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-\beta-D-Glc$	H	[8,25]
65	(25R, 26R)-26-Mos-5-en-3 $\beta$ -ol-3-O- $\{O-\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-O-[\alpha-L-Ara-(1\rightarrow3)]-\beta-D-Gls\}$	S <sub>8</sub>	$\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-O-[\alpha-L-Ara-(1\rightarrow3)]-\beta-D-Glc$	H	[8]
66	$\beta$ -谷甾醇	S <sub>9</sub>	3-ethyl-4-methylamyl	H	[18]
67	豆甾醇	S <sub>9</sub>	1-ene-3-ethyl-4-methylamyl	H	[18]
68	胡萝卜苷	S <sub>9</sub>	3-ethyl-4-methylamyl	3-O- $\beta-D-Glc$	[12]
69	27-O-HMG-isonarthogenin-3-O- $\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-O-[\beta-D-Glc-(1\rightarrow4)]-\beta-D-Gls$	S <sub>10</sub>	$\alpha-L-Rha-(1\rightarrow2)-O-[\beta-D-Glc-(1\rightarrow4)]-\beta-D-Glc$	O-HMG	[22]

续表 2

No.	名称	母核	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	参考文献
70	(25R)-26-O-(β-D-Glc)-furost-5-en-3β, 22R, 26-triol-3-O-α-L-Rha-(1→2)-O-[β-D-Glc-(1→4)]-β-D-Gls	S <sub>10</sub>	α-L-Rha-(1→2)-O-[β-D-Glc-(1→4)]-β-D-Glc	β-D-Glc	[28]
71	(25R)-26-O-(β-D-Glc)-furost-5-en-3β, 22R, 26-triol-3-O-α-L-Rha-(1→2)-O-[α-L-Ara-(1→3)]-β-D-Gls	S <sub>10</sub>	α-L-Rha-(1→2)-O-[α-L-Ara-(1→3)]-β-D-Glc	β-D-Glc	[28]
72	(25R)-26-O-(β-D-Glc)-furost-5-en-3β, 22R, 26-triol-3-O-α-L-Rha-(1→2)-O-[α-L-Xyl-(1→3)]-β-D-Gls	S <sub>10</sub>	α-L-Rha-(1→2)-O-[α-L-Xyl-(1→3)]-β-D-Glc	β-D-Glc	[28]
73	22-O-methyl-26-O-β-D-Glc-(25R)-furost-5-ene-3β, 22ξ, 26-triol-3-O-[O-α-L-Rha-(1→2)]-β-D-Gls-(1→4)]-β-D-Gls	S <sub>11</sub>	α-L-Rha-(1→2)-O-[β-D-Glc-(1→4)]-β-D-Glc	O-β-D-Glc	[24-25]
74	22-O-methyl-26-O-β-D-Glc-(25R)-furost-5-ene-3β, 22ξ, 26-triol-3-O-[O-α-L-Rha-(1→2)]-α-L-Ara-(1→3)]-β-D-Gls	S <sub>11</sub>	α-L-Rha-(1→2)-O-[α-L-Ara-(1→3)]-β-D-Glc	O-β-D-Glc	[24]
75	22-O-methyl-26-O-β-D-Glc-(25R)-furost-5-ene-3β, 22ξ, 26-triol-3-O-[O-α-L-Rha-(1→2)]-β-D-Xyl-(1→3)]-β-D-Gls	S <sub>11</sub>	α-L-Rha-(1→2)-O-[β-D-Xyl-(1→3)]-β-D-Glc	O-β-D-Glc	[24]
76	(25R)-26-O-β-D-Glc-22-O-methylfurost-5-ene-3β, 22ξ, 26-triol-3-O-[O-α-L-Rha-(1→2)]-β-D-Gls	S <sub>11</sub>	α-L-Rha-(1→2)-β-D-Glc	O-β-D-Glc	[25]
77	(25R)-26-(β-D-Glc)-22-methylfurost-5-ene-3β-yl-O-α-L-Rha-(1→2)-O-[β-D-Glc-(1→6)]-β-D-Gls	S <sub>11</sub>	α-L-Rha-(1→2)-O-[β-D-Glc-(1→6)]-β-D-Glc	O-β-D-Glc	[17]

注: Glc. 吡喃葡萄糖; Ara. arabinopyranosyl; Xyl. xylopyranosyl; Rha. 鼠李糖; Gls. 吡喃葡萄糖苷; Mos. methoxyspirost; HMG. 3-羟基-3-甲基(表 3 同)。

中分离得到腺嘌呤核苷(78), 甲基-α-D-吡喃葡萄糖苷(79), 甲基-α-D-吡喃甘露糖(80)。周中流等<sup>[4]</sup>从卷丹中分离出 3,4-二羟基苯甲醛(81), 邻羟基苯甲酸(82)。周中流等<sup>[18]</sup>还从卷丹中分离出了 β-D-葡萄糖糖基-(1→4)-β-D-吡喃葡萄糖苷(83), β-D-呋喃果糖基-α-D-吡喃葡萄糖苷(84), 正二十二烷酸(85), 正二十九烷醇(86)。张慧芳<sup>[31]</sup>从百合中分离出正三十四烷醇(87), 正二十烷酸(88), 正二十一烷酸(89), 对羟基苯甲醛(90)。结构见图 3。

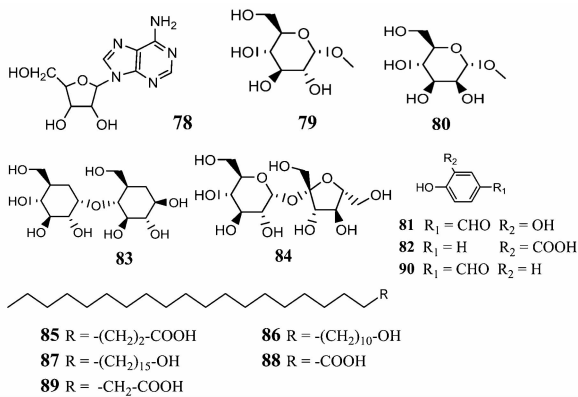


图 3 百合中其他苷类及烷烃类成分

Fig. 3 Glycosides and alkanes in Lillii Bulbus

1.4 生物碱类 胡文彦等<sup>[12]</sup>从卷丹中分离出小檗

碱(91)。Mašterová 等<sup>[32]</sup>从百合中分离出黄酮类生物碱 lilaline(92)。HE 等<sup>[33]</sup>测得卷丹中秋水仙碱(93)的质量分数为 0.048 5%。Erdogāan 等<sup>[34]</sup>从百合中分离出了甾体生物碱 etioline(94)。Satou 等<sup>[30]</sup>分离百合得到吡咯啉类生物碱(95~98)。Mimaki 等<sup>[22]</sup>从百合中分离鉴定了甾体生物碱 β<sub>1</sub>-澳洲茄边碱(99), β<sub>2</sub>-澳洲茄边碱(100)。Jr 等<sup>[28]</sup>也从百合中分离得到甾体生物碱(101)。结构见图 4 及表 3。

1.5 黄酮类 WANG 等<sup>[11]</sup>从百合中分离出儿茶素(102), 表儿茶素(103), 芦丁(104), 槲皮素(105), 山柰酚(106), 根皮苷(107)。焦灏琳<sup>[35]</sup>从卷丹中分离出二氢杨梅酮(108), 二氢槲皮素(109), 圣草酚(110), 矢车菊素芸香糖苷(111)。靳磊等<sup>[36]</sup>从细叶百合中分离得到杨梅酮(112)。结构见图 5。

1.6 多糖类 百合多糖(LBPS-1)是一种相对分子质量为 30.2 kDa 的葡聚糖, 其主链为 α-D-(1, 4)-GlcP 和 α-D-(1, 3)-GlcP 以 2:1 的比例而交替排列形成, 侧链为 α-D-(1, 6)-GlcP<sup>[38]</sup>。张婷<sup>[40]</sup>优化了超声波辅助提取卷丹中百合多糖的工艺, 并经纯化得到一个相对分子质量为 8.52 × 10<sup>6</sup> Da 的多糖组分。其由鼠李糖、阿拉伯糖、葡萄糖和半乳糖残基按照摩尔比为 15:17:8:20 组成, 糖醛酸质量分数为 25.68%, 推测其主链可能为 →4)-α-D-GalA-(1→

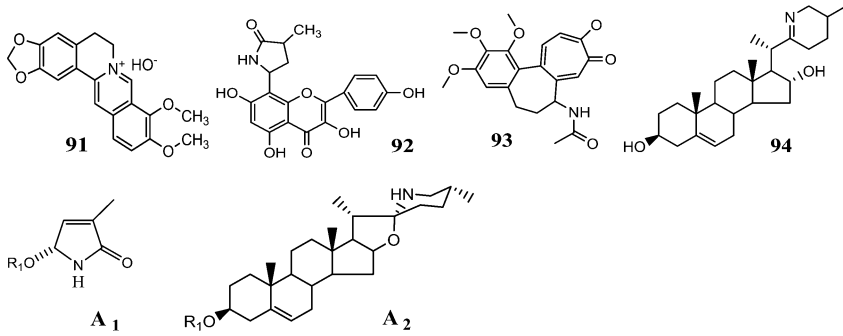


图 4 百合中吡咯啉类及甾体类生物碱母核结构及部分生物碱类化合物

Fig. 4 Nuclear structure of pyrroline and steroidal alkaloids in Lili Bulbus

表 3 百合中吡咯啉类及甾体类生物碱化合物

Table 3 Pyrroline alkaloids and steroidal alkaloids in Lili Bulbus

No.	名称	母核	R <sub>1</sub>	参考文献
95	jatropham	A <sub>1</sub>	H	[ 30 ]
96	jatropham 5-O-β-D-Gls	A <sub>1</sub>	β-D-Glc	[ 30 ]
97	jatropham 5-O-[ O-β-D-Glc-(1→3) ]-β-D-Gls	A <sub>1</sub>	β-D-Glc-(1→3) β-D-Glc	[ 30 ]
98	jatropham 5-O-(6-O-p-coumaroyl-β-D-Gls)	A <sub>1</sub>	6-O-p-coumaroyl-β-D-Glc	[ 30 ]
99	β <sub>1</sub> -澳洲茄边碱	A <sub>2</sub>	α-L-Rha-(1→2)-β-D-Glc	[ 22 ]
100	β <sub>2</sub> -澳洲茄边碱	A <sub>2</sub>	α-L-Rha-(1→2)-O-[β-D-Glc-(1→4)]-β-D-Glc	[ 22, 28 ]
101	(22R, 25R)-spirosol-5-en-3β-yl-O-α-L-Rha-(1→2)-[6-O-acetyl-β-D-Glc-(1→4)]-β-D-Gls	A <sub>2</sub>	α-L-Rha-(1→2)-O-[6-O-acetyl-β-D-Glc-(1→4)]-β-D-Glc	[ 28 ]

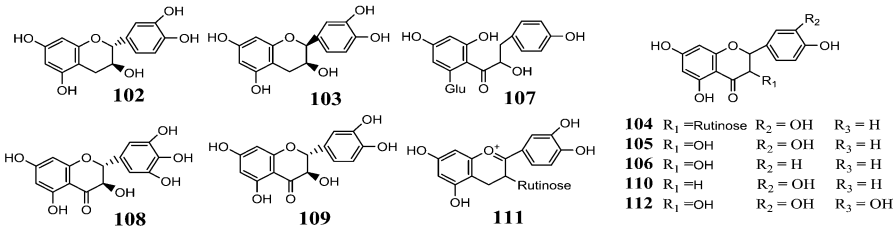


图 5 百合中黄酮类化合物

Fig. 5 Flavonoids in Lili Bulbus

和→2)-α-Rhap-(1→, 支链为→4)-α-Rhap-(1→, →3)-α-Araf-(1→, →4)-β-Galp-(1→和→4)-β-Glc-(1→。

**1.7 氨基酸及磷脂类** 卷丹、百合、细叶百合均具有 17~19 种以上的游离氨基酸, 其中 6~7 种为人体必需氨基酸, 均有较高的精氨酸, 脯氨酸, 谷氨酸, 赖氨酸, 天冬氨酸, 丝氨酸, 丙氨酸, 缬氨酸, 苯丙氨酸<sup>[41]</sup>。百合、卷丹中总磷脂的质量分数分别为 2.72, 3.70 mg·g<sup>-1</sup>, 薄层分析得其均含有脑磷脂和卵磷脂<sup>[42]</sup>。同时含有磷脂酰胆碱(PC), 双磷脂酰甘油(DPG), 磷脂酸(PA), 溶血磷脂酰胆碱(LPC), 磷脂酰肌醇(PI), 磷脂酰乙醇胺(PE), 神经鞘磷脂(SM)<sup>[43]</sup>。

## 2 药理作用

百合可能是通过提供多糖, 氨基酸等能量供应物质及甾体皂苷, 酚酸甘油酯, 生物碱, 黄酮, 磷脂等活性物质, 调节机体免疫系统, 内分泌系统, 神经系统和糖代谢, 产生具有“滋阴”功效的物质, 并抑制炎症反应, 清除体内氧化产物, 提高机体对氧化产物的耐受度来发挥养阴润肺止咳, 清心安神的功效。而抗肿瘤, 抑制 Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>ATP 酶则是现代药理研究对百合新功效的补充。

**2.1 抗肿瘤作用** 百合抗肿瘤机制可能是调控癌基因与阻碍细胞增殖。百合多糖(LP-1)可抑制人肝癌细胞(HepG2)的体外增殖, 下调细胞分裂周期蛋白 D1(cyclinD1)的表达, 抑制细胞进入 S 期, 使

其停滞于 G<sub>0</sub>/G<sub>1</sub> 期。但对环氧合酶-2(COX-2)却无影响<sup>[44]</sup>。LP-1 抑制 H22 肝癌皮下移植瘤的生长,是通过下调肿瘤组织中 Bcl-2 蛋白的表达,上调 Bax 蛋白的表达,激活 Caspase-3, Caspase-9, 来发挥抗肿瘤的作用<sup>[45]</sup>。水溶百合多糖 LBP-1 能显著抑制 Lewis 肺癌在小鼠体内的增殖,提高小鼠血清中 TNF- $\alpha$ , IL-2, IL-6, IL-12 的含量<sup>[37]</sup>。

LP-1 联合其他抗肿瘤药治疗肿瘤,有一定的增效减毒作用。其可增强金雀异黄素和二甲双胍抑制人类乳腺癌细胞(MCF-7)的增殖作用,使 MCF-7 细胞阻滞于 G<sub>1</sub> 或 G<sub>2</sub> 期<sup>[46-47]</sup>,但 LP-1 对雌激素受体(ER- $\alpha$ , ER- $\beta$ )无亲和作用<sup>[46]</sup>。二甲双胍单用,可上调 Bax 蛋白水平,下调 Bcl-2 蛋白表达来诱导细胞凋亡,联用 LP-1,可使以上作用增强,但不能增强二甲双胍激活 AMPK/mTOR 通路<sup>[47]</sup>。S180 荷瘤小鼠经 5-氟尿嘧啶(5-FU)化疗后,血中白细胞数、胸腺及脾脏指数均降低,联用百合中性多糖,可降低 5-FU 毒副作用,提高 5-FU 的抑瘤率。百合中性多糖还能显著抑制人胃癌(SGC-7901)细胞的体外增殖<sup>[48]</sup>。

百合甲醇提取物及生物碱可显著抑制 SGC-7901 的体外增殖,阻滞细胞于 G<sub>2</sub>/M 期,并上调细胞内 Caspase-3 的表达,诱导细胞凋亡<sup>[49]</sup>。百合生物碱、皂苷及甲醇提取部位可抑制人肺癌细胞 A549 体外增殖,强度为生物碱部位 > 皂苷部位 > 甲醇提取部位<sup>[50]</sup>。

百合甾体皂苷元 S<sub>11</sub>及其衍生物无体外抗人子宫颈癌细胞 HeLa 增殖活性,而苷元 S<sub>3</sub>及其衍生物却能显著抑制 HeLa 的体外增殖。若在苷元 S<sub>3</sub>的 F 环引入氧原子,则活性降低;若将 S<sub>3</sub>苷元 C<sub>27</sub>-OH 连接的 HMG 末端的羧基甲基化,则能增强抗 HeLa 增殖的活性<sup>[24]</sup>。将苷元为 S<sub>3</sub>, C<sub>27</sub>-OH 连接 HMG 的甾体皂苷 36, 39, 42 甲基化,得衍生物 36a, 39a, 42a, 通过抗 HeLa 细胞增殖实验发现,增殖抑制活性增强,强弱顺序分别是 42a > 39a > 36a。50 mg·L<sup>-1</sup>的 36a, 42a 具有细胞毒作用。此外,化合物 42a 还可显著抑制胰腺癌,骨肉瘤,人胃癌细胞(HGC-27),嗜铬细胞瘤的增殖<sup>[51]</sup>。

**2.2 抗抑郁作用** 百合皂苷为抗抑郁的主要有效成分<sup>[14]</sup>。其能显著降低小鼠悬尾不动时间和强迫游泳不动时间,并可对抗利血平导致的体温下降<sup>[52]</sup>。还能够降低抑郁大鼠血清中皮质醇(COR),促肾上腺皮质激素(ACTH)的含量,抑制抑郁大鼠下丘脑中 CRF mRNA 的表达,促进海马中 GR, MR

mRNA 的表达,对大脑海马区有一定的保护作用。还可缓解抑郁大鼠单胺类神经递质的功能减退,提高大脑皮层中多巴胺(DA),5-羟色胺(5-HT)的含量。提示百合甾体皂苷抗抑郁的机制,可能是提高大脑皮层单胺类神经递质的含量,抑制亢进的下丘脑-垂体-肾上腺轴<sup>[14]</sup>。

较细叶百合、百合,卷丹总皂苷抗抑郁的作用更明显。高、中剂量(3.02, 1.51 g·kg<sup>-1</sup>)卷丹总皂苷能增强 5-HTP 引起的小鼠甩头行为。高剂量卷丹总皂苷还能提高抑郁大鼠血浆血管活性肠肽(VIP)含量,降低组织中 VIP 的含量,并提高血浆、胃窦及结肠部位的胃泌素, P 物质的含量,改善抑郁症状及抑郁引起的胃肠不适。这表明卷丹总皂苷抗抑郁的机制可能为 5-HT 能神经系统与脑肠轴相互作用的结果<sup>[13]</sup>。

对于抑郁伴肠易激综合征(IBS)模型大鼠,高剂量(100 mg·kg<sup>-1</sup>)的百合皂苷能显著改善其无助症状,包括水平穿梭次数、垂直站立次数及理毛次数;并提高大鼠对幸福事件的反应能力,包括糖水消耗量增加、糖水偏嗜度升高;显著缓解 IBS 表现出的内脏痛觉过敏,降低抑郁伴 IBS 模型组大鼠血清中降钙素基因相关肽(CGRP) ACTH, COR, VIP 含量,使之趋于正常水平<sup>[53]</sup>。

**2.3 抗氧化与清除自由基** 卷丹多糖(LLP-1, 2, 3)对 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH),羟自由基(OH),超氧根离子(O<sub>2</sub><sup>-</sup>),亚铁离子(Fe<sup>2+</sup>)均具有显著的清除(螯合)作用,且均呈剂量依赖性。LLP-3 对 DPPH 的清除作用最强,3 种卷丹多糖对 OH, O<sub>2</sub><sup>-</sup>, Fe<sup>2+</sup> 的清除(螯合)作用相近。且 1.0 g·L<sup>-1</sup> 及以上的多糖,对 O<sub>2</sub><sup>-</sup> 的清除作用,与维生素 C 接近<sup>[39]</sup>。百合多糖能清除 OH,且百合多糖、对照品苯甲酸钠的 IC<sub>50</sub>分别为 1.04, 3.95 g·L<sup>-1</sup>,提示相同浓度的百合多糖清除 OH 的能力优于苯甲酸钠<sup>[54]</sup>。

酚类化合物抗氧化能力与其结构相关:**2,9,81**(邻二酚羟基结构) > **1,10,11,12**(单或二甲氧基苯酚) > **3,13**(单酚羟基或二酚羟基结构)<sup>[3-4]</sup>。卷丹鳞茎多酚提取物可剂量依耐性地清除 2,2-联氮-二(3-乙基-苯并噻唑-6-磺酸)二铵盐(ABTS), DPPH 和 OH<sup>[35]</sup>。细叶百合鳞茎多酚提取物对 O<sub>2</sub><sup>-</sup>, DPPH 和 OH 具有一定的清除能力,且均呈剂量依赖性<sup>[36]</sup>。

卷丹乙醇提取物及其不同极性部位抗氧化活性,主要集中在乙酸乙酯及正丁醇提取部位<sup>[56]</sup>。百合总皂苷提取物能清除 OH<sup>[55]</sup>。对于甾体皂苷,若

其糖链相同,苷元极性基团(如羟基)越多,对 ABTS, DPPH 的清除能力越强<sup>[4]</sup>。

**2.4 降血糖** ZHU 等<sup>[57]</sup>结合生物测定导向分馏和化学分析方法,推测百合中甾体皂苷可能是潜在的降血糖的有效成分,体外实验结果显示,百合甾体皂苷能加速 3T3-L1 前脂肪细胞分化,增加 HepG2 细胞及 3T3-L1 脂肪细胞中葡萄糖的消耗。

百合多糖(LP-1,2)均可剂量依耐性地降低四氧嘧啶(Alloxan)致高血糖小鼠的血糖浓度<sup>[58]</sup>。体外研究表明,5.6~16.7 mmol·L<sup>-1</sup>的 LP-1,2,可促进胰岛 β 细胞增殖及胰岛素(INS)的分泌,但对 α-葡萄糖苷酶活性无显著的抑制作用<sup>[59]</sup>。

卷丹多糖能减缓由链脲佐菌素(STZ)引起的小鼠体重下降,持续显著降低血糖水平(BG)。高剂量(200 mg·kg<sup>-1</sup>)的卷丹多糖均能显著提高血清、肝、肾中超氧化物歧化酶(SOD),过氧化氢酶(CAT),谷胱甘肽过氧化物酶(GPx)的含量,显著降低丙二醛(MDA)的含量。病理学切片显示,灌胃高剂量卷丹多糖 28 d,能明显修复由 STZ 导致的胰岛损伤,改善胰岛 β 细胞及组织的结构完整性<sup>[60]</sup>。对于 STZ 诱导的 I 型糖尿病小鼠,百合多糖可降低其空腹 BG,促进分泌 INS,提高己糖激酶,琥珀酸脱氢酶(SDH)活性、提高血清和肝脏组中总 SOD 的活性,降低 MDA 的含量<sup>[61]</sup>。百合膳食纤维能够降低小鼠的空腹血糖及 Alloxan 致高血糖值,并改善高血糖小鼠的糖耐受量<sup>[62]</sup>。

**2.5 免疫调节活性** 百合多糖是调节免疫的主要活性物质。中、高剂量(200,400 g·L<sup>-1</sup>)的百合多糖均能升高小鼠网状内皮系统的碳粒廓清速度、脾及胸腺指数、血清溶血素含量<sup>[63]</sup>。水溶百合多糖 LBP-1,能提高由环磷酰胺致免疫低下巨噬细胞的吞噬活性,剂量依赖性地增强 ConA 和 LPS 诱导 Lewis 肺癌荷瘤小鼠的脾细胞增殖<sup>[37]</sup>。50~400 g·L<sup>-1</sup>的 LBP-1 可剂量依赖性地刺激 Raw264.7 细胞的增殖,且能显著促进细胞吞噬中性红及分泌 NO<sup>[64]</sup>。朱泉<sup>[65]</sup>分离出 3 种百合多糖(LLPS-1,2,3),25~100 mg·L<sup>-1</sup>均可剂量依赖性地增强 RAW264.7 的体外增殖,400 mg·L<sup>-1</sup>时,LLPS-2 活性接近阳性药 LPS。且 25 mg·L<sup>-1</sup> LLPS 就可极显著的促进 RAW264.7 分泌 NO。

对百合多糖进行硒化结构修饰,得 9 个修饰后的百合多糖 sLP1~9。体外研究表明,sLP6 在单和协同 PHA 促进淋巴细胞增殖,及鸡外周血淋巴细胞 IL-2,IL-6,IFN-γ 表达,均呈现最强的活性。体内研

究表明,sLP6 能显著促进纽卡斯尔病疫苗接种鸡的淋巴细胞增殖,并提高其血清中抗体滴度及 IL-2,IL-6,IFN-γ 的含量<sup>[66]</sup>。

**2.6 抗炎作用** 卷丹提取物可显著减缓香烟烟雾暴露下小鼠的体重降低,并抑制巨噬细胞和中性粒细胞向气道的浸润。显著降低肺组织 TNF-α,IL-6,IL-1β 及 MCP-1 的含量,及支气管肺泡灌洗液中 TNF-α 及 IL-1β 的含量。还能降低肺组织中 MMP-12 的表达,有效的维持小鼠肺部组织结构的完整性<sup>[71]</sup>。这从现代药理角度阐述了百合滋阴润肺的功效。

卷丹甲醇提取物能抑制 ConA 诱导脾细胞产生 IL-4 和 IL-13,显著降低 LPS 刺激 Raw264.7 细胞产生 NO,PGE<sub>2</sub>,IL-6,TNF-α,并抑制 iNOS 酶和 COX-2 酶的表达。从而表现出抗炎作用。作用机制可能是抑制 NF-κB 的 MAPK 活化途径和 NF-κB p65 亚基核转运,以及阻断 ERK 和 JNK 在 LPS 刺激的 Raw264.7 细胞中的信号转导,从而抑制 iNOS 和 COX-2 的活性,来发挥抗炎作用<sup>[72]</sup>。

**2.7 抗疲劳与耐缺氧** 较普通百合只能延长亚硝酸钠中毒存活时间,卷丹还能延长小鼠的常压耐缺氧及急性脑缺血性缺氧时间<sup>[67]</sup>。百合、卷丹水提液还可延长烟熏致“肺气虚”小鼠的游泳时间、甲状腺激素致“阴虚”小鼠的常压耐缺氧时间、肾上腺皮质激素致“阴虚”小鼠的负重游泳时间<sup>[68]</sup>。百合多糖能延长小鼠的游泳时间,并明显增强游泳后小鼠血清中 SOD 活力,降低 MDA 的含量<sup>[70]</sup>。百合正丁醇部位能延长小鼠常压耐缺氧时间及冰水游泳时间,减少其自发活动数,从而表现出镇静作用<sup>[69]</sup>。这与百合清心安神的功效有关。

## 2.8 其他药理作用

**2.8.1 抑制 Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATP 酶** 甾体皂苷 27,58 表现出显著的抑制作用,IC<sub>50</sub>分别是 2.2×10<sup>-5</sup>,4.7×10<sup>-5</sup> mol·L<sup>-1</sup>,但是甾体皂苷 38,30,59,77 无效,表明在苷元上引入羟基,会降低活性<sup>[17]</sup>。

**2.8.2 降血脂** 百合膳食纤维可减缓肥胖大鼠体重增长,剂量依赖性地降低血清中总胆固醇,甘油三酯,高密度脂蛋白含量,升高血清中高密度脂蛋白含量,降低肥胖大鼠动脉硬化指数及体脂率<sup>[62]</sup>。

**2.8.3 对呼吸系统的影响** 酚红实验显示,百合具显著的祛痰作用;卷丹和百合均能抑制 SO<sub>2</sub> 致咳嗽反应<sup>[68]</sup>。蜜炙百合与生百合水煎液均能提高正常气管上皮细胞线粒体内 SDH 活性,蜜炙百合润肺止咳作用更强,水煎液中甾体皂苷含量约为生品的 20

倍,且豆甾醇具显著的抗炎镇咳作用,提示豆甾醇为炮制增效的物质基础之一<sup>[31]</sup>。

### 3 结语与展望

百合主要生物活性成分为多糖、甾体皂苷及酚类,现代药理研究也逐渐阐释并挖掘了百合的传统功效。但目前对百合的药效研究,基本停留在有效部位、有效总成分,并未深入研究单体结构与活性的关系,部分研究结果暗示百合甾体皂苷结构差异与抗肿瘤、抗抑郁活性的存在一定规律,其具体联系有待进一步研究。2015年版《中国药典》仅通过性状和薄层鉴别来控制百合质量,缺乏有效成分的量化标准。有学者通过紫外-可见分光光度法、高效液相色谱法及指纹图谱技术,初步建立了以测定甾体皂苷含量来控制百合药材的质量标准<sup>[13-15]</sup>。我国百合品种较多,成分含量受环境影响较大。因此,完善百合的质量评价标准,有利于控制百合药材质量。百合具有丰富的药理活性,是国家卫生部首批药食同源品种之一。但目前对百合的开发应用较少,大多只停留在粗加工的食品上,并未对其抗肿瘤、抗抑郁、抗氧化、降血糖、降血脂等功效进行药品、保健品及食品的深入开发。相信随着对百合的深入研究,百合在药品、保健品及食品领域的应用前景会更加广阔。

#### [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,2015:132.

[2] Hiroko S, Yutaka S, Yoshihiro M. Bitter phenylpropanoid glycosides from *Lilium speciosum* var. *rubrum*[J]. *Phytochemistry*,1986,25(12):2897-2899

[3] LUO J, LI L, KONG L. Preparative separation of phenylpropanoid glycerides from the bulbs of *Lilium lancifolium* by high-speed counter-current chromatography and evaluation of their antioxidant activities[J]. *Food Chem*,2012,131(3):1056-1062.

[4] 周中流,石任兵,刘斌,等. 卷丹甾体皂苷和酚类成分及其抗氧化活性研究[J]. *中草药*,2011,42(1):21-24.

[5] Hiroko S, Yutaka S, Yoshihiro M. New phenolic glycerol glycosides, regalosite D, E, and F from the bulbs of *Lilium* species[J]. *Jap J Pharmacognosy*,1989,43(1):64-70.

[6] Hiroko S, Yutaka S, Yoshihiro M, et al. Regalosite A and B, acylated glycerol glycosides from *Lilium regale* [J]. *Phytochemistry*,1988,27(2):451-454.

[7] Shimomura H, Sashida Y, Mimaki Y, et al. Studies on the chemical constituents of *Lilium henryi* Baker[J].

*Chem Pharm Bull*,2008,36(7):2430-2446.

[8] Mimaki Y, Ishibashi N, Ori K, et al. Steroidal glycosides from the bulbs of *Lilium dauricum*[J]. *Phytochemistry*,1992,31(5):1753-1758.

[9] Mimaki Y, Sashida Y. Steroidal and phenolic constituents of *Lilium speciosum* [J]. *Phytochemistry*,1991,30(3):937-940.

[10] Mimaki Y, Sashida Y. Steroidal saponins from the bulbs of *Lilium brownii* [J]. *Phytochemistry*,1990,29(7):2267-2271.

[11] WANG T T, HAN H H, YAO Z. Role of effective composition on antioxidant, anti-inflammatory, sedative-hypnotic capacities of 6 common edible *Lilium* varieties [J]. *J Food Sci*,2015,80(4):H857-H868.

[12] 胡文彦,段金殿,钱大玮,等. 卷丹化学成分研究[J]. *中国中药杂志*,2007,32(16):1656-1659.

[13] 黄江剑. 百合抗抑郁有效部位质量标准及药理作用研究[D]. 广州:广州中医药大学,2011.

[14] 郭秋平. 百合的质量研究及抗抑郁作用探讨[D]. 广州:广州中医药大学,2009.

[15] 周中流,石任兵,刘斌. HPLC法测定卷丹有效部位中3种甾体皂苷的含量[J]. *北京中医药大学学报*,2010,33(4):277-279.

[16] 杨秀伟,吴云山,崔育新,等. 卷丹中新甾体皂苷的分离和鉴定[J]. *药科学报*,2002,37(11):863-866.

[17] Mimaki Y, Satou T, Kuroda M, et al. Steroidal saponins from the bulbs of *Lilium candidum* [J]. *Phytochemistry*,1999,51(4):567-573.

[18] 周中流,石任兵,刘斌,等. 卷丹化学成分的研究[J]. *北京中医药大学学报*,2010,33(1):57-61.

[19] 吉宏武,丁霄霖. 百合甾体皂苷元的气-质联用分析及其结构鉴定[J]. *食品与生物技术学报*,2003,22(3):84-88.

[20] 吉宏武,丁霄霖. 百合皂苷的提取分离与结构初步鉴定[J]. *林产化学与工业*,2001,21(3):47-51.

[21] HONG X X, LUO J G, GUO C, et al. New steroidal saponins from the bulbs of *Lilium brownii* var. *viridulum* [J]. *Carbohydr Res*,2012,361(6):19-26.

[22] Mimaki Y, Sashida Y. Steroidal saponins and alkaloids from the bulbs of *Lilium brownii* var. *colchesteri* [J]. *Chem Pharm Bull*,1990,38(11):3055-3059.

[23] Haladova M, Mucaji P, Budesinsky M, et al. Spirostanol saponins from the bulbs of *Lilium candidum*[J]. *Chem Nat Comp*,2011,46(6):1004-1005.

[24] Mimaki Y, Nakamura O, Sashida Y, et al. Steroidal saponins from the bulbs of *Lilium longiflorum* and their antitumour-promoter activity[J]. *Phytochemistry*,1994,37(1):227-232.

- [25] Mimaki Y, Satou T, Kuroda M, et al. New steroidal constituents from the bulbs of *Lilium candidum* [J]. Chem Pharm Bull, 1998, 46(11):1829.
- [26] Mimaki Y, Ishibashi N, Ori K, et al. Steroidal glycosides from the bulbs of *Lilium dauricum* [J]. Phytochemistry, 1992, 31(5):1753-1758.
- [27] 侯秀云, 陈发奎. 百合化学成分的分 离和结构鉴定 [J]. 药学学报, 1998(12):923-926.
- [28] Jr M J, Ramanathan A, Jimenez L S, et al. Isolation and structural determination of steroidal glycosides from the bulbs of easter lily (*Lilium longiflorum* Thunb.) [J]. J Agric Food Chem, 2010, 58(15):8806-8813.
- [29] 侯秀云, 陈发奎, 吴立军. 百合中新的甾体皂苷的结构鉴定 [J]. 中国药物化学杂志, 1998(1):49.
- [30] Satou T, Mimaki Y, Kuroda M, et al. A pyrroline glucoside ester and steroidal saponins from *Lilium martagon* [J]. Phytochemistry, 1996, 41(4):1225-30.
- [31] 张慧芳. 中药百合化学成分与药效机理研究 [D]. 南京:南京中医药大学, 2007.
- [32] Mašterová I, Uhrin D, Tomko J. Lilialine-a flavonoid alkaloid from *Lilium candidum* [J]. Phytochemistry, 1987, 26(6):1844-1845.
- [33] HE C, LI G, REN F, et al. Supercritical fluid extraction-high performance liquid chromatography determination of colchicine in lily [J]. Nat Prod Res Develop, 2003, 15(1):5-8.
- [34] Erdogan I, S&Z T B, Ener B, et al. Etioline, a steroidal alkaloid from *Lilium candidum* L [J]. Biochem Syst Ecol, 2001, 29(5):535-536.
- [35] 焦灏琳, 张延龙, 牛立新. 卷丹鳞茎多酚组成及其抗氧化活性研究 [J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2015, 43(7):150-154.
- [36] 靳磊, 刘师源, 张萍. 细叶百合鳞茎多酚类物质组成及其抗氧化活性 [J]. 湖北农业科学, 2015, 54(20):5103-5107.
- [37] SUN X, GAO R L, XIONG Y K, et al. Antitumor and immunomodulatory effects of a water-soluble polysaccharide from *Lilium Bulbus* in mice. [J]. Carbohydr. Polym, 2014, 102(1):543-549.
- [38] 赵国华, 李志孝. 百合多糖的化学结构及抗肿瘤活性 [J]. 食品与生物技术学报, 2002, 21(1):62-66.
- [39] ZHOU X, WANG H, WANG B, et al. Characterization and antioxidant activities of polysaccharides from the leaves of *Lilium lancifolium*, Thunb [J]. Int J Biol Macromol, 2016, 92:148-155
- [40] 张婷. 百合多糖的分离纯化、结构鉴定及降血糖活性研究 [D]. 合肥:合肥工业大学, 2014.
- [41] 吴汉斌, 孙鹤年, 刘文亮. 几种百合药材的化学分析 [J]. 中国现代应用药学, 1991(2):15-16.
- [42] 吴杲, 吴汉斌. 五种百合药材磷脂成分的分析 [J]. 中国现代应用药学, 1997(2):16-17.
- [43] 郭戎, 周永治, 许益民, 等. 百合磷脂组分的研究及品种鉴定的数学判别 [J]. 中药材, 1991, 14(9):32-35.
- [44] 张典, 弥曼, 姜凤良, 等. 百合多糖对人肝癌 HePG2 细胞 CyclinD1 和 COX-2 的影响 [J]. 细胞与分子免疫学杂志, 2011, 27(5):582-584.
- [45] 何洪. 百合多糖诱导肿瘤细胞凋亡作用机制的研究 [D]. 延边:延边大学, 2013.
- [46] 侯进, 李汾, 李新华, 等. 百合多糖联合金雀异黄素对人类乳腺癌细胞增殖的影响 [J]. 现代肿瘤医学, 2015(1):12-14.
- [47] 侯进, 李汾, 李新华, 等. 百合多糖 1 可增强二甲双胍对乳腺癌细胞的抗增殖作用并促进其凋亡 [J]. 细胞与分子免疫学杂志, 2016, 32(6):780-783.
- [48] 杨颖, 李汾. 百合中性多糖对 5-FU 增效减毒作用及其对体外对肿瘤细胞的抑制作用 [J]. 延安大学学报:医学科学版, 2013, 11(2):8-11.
- [49] 贾蕾. 百合对人胃癌 SGC-7901 细胞的增殖抑制作用及其机制的探讨 [D]. 延边:延安大学, 2015.
- [50] 雷卢恒. 卷丹百合不同居群鳞茎提取物的抗氧化及肺癌细胞抑制特性研究 [D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2015.
- [51] Mimaki Y, Sashida Y, Kuroda M, et al. Inhibitory effects of steroidal saponins on 12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetate (TPA)-enhanced <sup>32</sup>P-incorporation into phospholipids of HeLa cells and proliferation of human malignant tumor cells [J]. Biol Pharm Bull, 1995, 18(3):467-469.
- [52] ZHANG X Y, HAN X L, QIAN Z B. Study on optimization of extraction process of saponins from *Bulbus Lillii* and their antidepressant effects [J]. Asian J Chem, 2014, 26(18):5970-5972.
- [53] 高淑怡. 百合总皂苷质量标准研究及抗抑郁伴肠易激综合征的作用初探 [D]. 广州:广州中医药大学, 2013.
- [54] 王多宁, 张小莉, 杨颖, 等. 百合多糖对羟自由基的清除作用 [J]. 陕西中医学院学报, 2006, 29(4):53-55.
- [55] 吴晓斌, 任凤莲, 邱昌桂, 等. 百合皂苷的提取、纯化及其对自由基的清除作用 [J]. 天然产物研究与开发, 2005, 17(6):777-780.
- [56] 周中流, 石任兵, 刘斌, 等. 卷丹乙醇提取物及其不同极性部位抗氧化活性的比较研究 [J]. 食品科学, 2011, 32(9):55-58.
- [57] ZHU M, LUO J, LYU H, et al. Determination of anti-hyperglycaemic activity in steroidal glycoside rich fraction of lily bulbs and characterization of the chemical

- profiles by LC-Q-TOF-MS/MS[J]. *J Funct Food*, 2014, 6(1):585-597.
- [58] 刘成梅,付桂明,涂宗财,等.百合多糖降血糖功能研究[J].*食品科学*,2002,23(6):113-114.
- [59] 李玉萍,皮小芳,刘成梅,等.百合多糖降糖作用机理的体外研究[J].*时珍国医国药*,2012,23(8):1964-1966.
- [60] ZHANG T,GAO J,JIN Z Y, et al. Protective effects of polysaccharides from *Lilium lancifolium* on streptozotocin-induced diabetic mice [J]. *Int J Biol Macromol*,2014,65(5):436-440.
- [61] 肖遐,吴雄,何纯莲.百合多糖对I型糖尿病大鼠的降血糖作用[J].*食品科学*,2014,35(1):209-213
- [62] 常银子.百合膳食纤维功能评价的研究[D].长沙:中南林学院,2003.
- [63] 胡敏敏,蔡宝昌,张志杰,等.百合多糖的药效学研究[J].*中药新药与临床药理*,2007,18(2):107-109.
- [64] CHEN Z G,ZHANG D N,QU Z, et al. Purification, preliminary characterization and *in vitro* immunomodulatory activity of tiger lily polysaccharide [J]. *Carbohydr Polym*,2014,106(1):217-222.
- [65] 朱泉.百合多糖分离纯化、结构鉴定及其生物活性研究[D].南京:南京农业大学,2012.
- [66] HOU R, JIN C, YUE C, et al. Modification of lily polysaccharide by selenylation and the immune-enhancing activity [J]. *Carbohydr Polym*, 2016, 142: 73-81.
- [67] 邵晓慧,卢连华,许东升,等.两种百合耐缺氧作用的比较研究[J].*山东中医药大学学报*,2000,24(5):387-388.
- [68] 李卫民,孟宪纾,俞腾飞,等.百合的药理作用研究[J].*中药材*,1990,13(6):31-35.
- [69] 彭蕴茹,钱大玮,丁永芳,等.百合不同提取部位的药理活性比较[J].*现代中药研究与实践*,2006,20(1):31-32.
- [70] 何纯莲,杨小红,黄浩,等.百合多糖的抗疲劳作用[J].*湖南师范大学学报:医学版*,2009,6(3):9-11.
- [71] Lee E, YUN N, JANG Y P, et al. *Lilium lancifolium* Thunb extract attenuates pulmonary inflammation and air space enlargement in a cigarette smoke-exposed mouse model[J]. *J Ethnopharmacol*,2013,149(1):148-56.
- [72] Kwon O K, Lee M Y, Yuk J E, et al. Anti-inflammatory effects of methanol extracts of the root of *Lilium lancifolium* on LPS-stimulated Raw264.7 cells [J]. *J Ethnopharmacol*, 2010,130(1):28-34.

[责任编辑 顾雪竹]