

具有生物活性的甾体皂苷

孙 麒, 巨 勇*, 赵玉芬

(清华大学 化学系生命有机磷教育部重点实验室, 北京 100084)

摘 要: 综述了近年来从植物中发现的具有生物活性的甾体皂苷类化合物的研究进展。

关键词: 生物活性; 甾体皂苷; 构效关系

中图分类号: R284.121 文献标识码: A 文章编号: 0253-2670(2002)03-0276-05

Steroid saponins with biological activities

Sun Qi, JU Yong, ZHAO Yu-fen

(Key Laboratory of Bioorganic Phosphorus Chemistry, Ministry of Education,
Department of Chemistry, Qinghua University, Beijing 100084, China)

Key words biological activities; steroid saponins; structure-effect relations

甾体皂苷广泛分布于植物中,有多种生理活性,如抗癌、防治心脑血管疾病、降压、抗菌、消炎、解热、镇静、强壮等,具有很高的药用价值和开发潜力。因此,甾体皂苷一直是天然产物化学的研究重点之一。我国学者也在该类化合物的分离鉴定、构效关系以及合成等方面取得了许多引人注目的成果^[1-3]。随着对甾体皂苷类化合物各种研究成果的积累,目前对其结构的研究重点已由对苷元的研究深入到对苷元和糖链部分共同的研究;而对其生物活性的研究也已从溶血、抗生育等方面转向更有前景的抗癌、抗真菌、治疗心血管病、调节免疫以及治疗糖尿病等方面。笔者将介绍甾体皂苷(结构见图 1)在生物活性研究方面所取得的最新进展。

1 抗肿瘤活性

癌症的治疗是目前医药学研究领域最为重要的课题之一,特别是利用天然产物作为抗癌药物,寻找能够对肿瘤的生长起抑制作用的物质的研究十分活跃。近 10 年来,发现许

多的甾体皂苷具有抗肿瘤活性,很有希望成为一类新的抗癌药物。

据报道,从百合科葱属植物 *Allium porrum* L. 中分出的 2 种甾体皂苷元 12-keto-porrigenin(图 1-1)和 2,3-seco-porrigenin(图 1-2),在体外对 4 种肿瘤细胞有抗增殖的活性^[4]。薤白 *A. macrostemon* Bunge 为百合科葱属植物小根蒜或薤的干燥鳞茎,有温中通阳、理气宽胸、还阳散结之功效,临床常用于治疗胸痹、心痛彻背等症。从薤 *A. chinense* 鳞茎的抗凝和抗癌活性部位中,分离得到的甾体皂苷中 chinenside II(图 1-3)的抗癌活性最好。其甾体皂苷元 laxogenin 也在体外及肺癌体内二阶段癌发实验中,对癌发促进剂显示了强烈的抑制活性^[5]。Inoue 等^[6]曾报道,从植物 *A. macleanii* 和 *A. senescens* 中分别得到的甾体皂苷(图 1-4),对 TPA 刺激的 ³²P 参与 HeLa(人宫颈癌)细胞磷酸酯酶有抑制作用。在浓度达到 50 μg/mL 时,抑制率可达 40% 以上。

表 1 甾体皂苷对 4 种肿瘤细胞抗增殖活性的 IC₅₀ 值 (μg/mL)

皂苷元	人黑色素细胞 IGR-1	鼠单核白细胞	巨噬细胞 J774	鼠纤维肉瘤细胞 WEHI164	鼠白血病 P388
12-keto-porrigenin	225	100		225	140
2,3-seco-porrigenin	70	30		100	29

从百合科植物 *Lilium speciosum* × *L. nobilissimum* Star Gazer 的根茎中得到一种甾体皂苷,其甲酯衍生物(图 1-5)有很好的 TPA 刺激的 ³²P 参与 HeLa 细胞磷酸酯酶抑制作用。而且这种甾体皂苷在体外实验中对多种人体的恶性癌细胞的增殖也有抑制作用。例如:可以抑制 PANC-1(肾癌)、OST(骨肉瘤)、HGC-27(胃癌)和 PC-12(嗜铬细胞瘤)等^[7]。

芦笋 *Asparagus officinalis* L. 对食欲不振、肝功能紊乱、心力衰竭、糖尿病、结石和膀胱炎等症有一定的治疗效果,而且还有抗肿瘤和调节免疫的作用。从芦笋种子的甲酯提取物中分得 2 种甾体皂苷,分别是 methyl protodioscin 和

protodioscin(图 1-6)。这两种皂苷对 HL-60(人类白血病细胞)的 DNA、RNA 和蛋白质合成及细胞生长有抑制作用^[8]。

另据最新报道,从湖北黄精 *Polygonatum zanlanscianense* Pamp 中分离得到了 2 种甾体皂苷 methyl-protodioscin 和 dioscin(图 1-7)。其药理活性试验表明:只有 dioscin 对 HL-60(人体白血病细胞)表现出了明显的抑制作用。另外,还发现 dioscin 对多种肿瘤细胞也有作用。methyl-protodioscin 和 dioscin 结构相似,但是 methyl-protodioscin 中有呋喃甾烷结构。因此,dioscin 中的螺甾结构一定在对 HL-60 的作用效果中起着非常关键的作用^[9]。

* 收稿日期: 2001-06-11

作者简介: 孙 麒,男,23岁,清华大学化学系硕士研究生,主要研究方向为天然产物化学和糖化学。

* 联系人

百合科 (Liliaceae) 菝葜属 (*Smilax* L.) 植物的根茎可入药, 用于治疗风湿性关节炎腰腿痛、肠炎和疮疖, 而且对食道癌、胃癌、直肠癌、乳腺癌和宫颈癌等病症也有作用效果。从糙菝葜 *Smilax lebrunii* Lévl. 中分离得到的 2 种甾体皂苷 SQD₄ (图 1-8) 和 SQD₃。药理实验表明, 其对 HeLa SMM C-7721 (肝癌)、MGC80-3 (胃腺癌) 的生长有抑制作用。实验还发现 diosin 的活性强于已知抗癌药物 VCR (长春新碱)。甾体骨架的差异对其抗癌活性有显著的影响。如 SQD₄ 和 SQD₃ 骨架相同, 其活性相差不大; 而 diosin 与 SQD₁ 和 M₁ 骨架类似, 只是 SQD₁ 和 M₁ 的 C₁ 和 C₂ 位发生了醇化, 因此其活性明显低于 diosin。同样, SQD₁ 和 M₁ 糖苷部分的差异, 也对其抗肿瘤活性有一定影响^[10]。

国外学者从 *Brodiaea californica* 中得到的几种皂苷 (图 1-9), 经过研究发现其有抗癌活性^[11]。

麦冬作为中药有较广的应用。麦冬的汤剂和注射液对治疗冠心病, 心绞痛有一定疗效。从短葶山麦冬 *Liriope muscari* (Decne) Bailey 中已分离得到 6 种甾体皂苷。其中皂苷 C (图 1-10) 的药理试验结果表明: 该化合物对 S₈₀ (肉瘤) 和 EAC (艾氏腹水癌) 均有抑制作用^[12]。

近几年, 世界各国的研究人员正在努力合成的 1 种十分具有潜力的甾体皂苷抗癌药物 OSW-1 (图 1-11)。该甾体皂苷是首先从百合科植物 *Ornithogalum sandersiae* 中分离得到的。该化合物对癌细胞有很专一的毒性, 而且体外实验表明: 该化合物的活性较目前的抗癌药物高 100 倍。1998 年, 美国学者首次合成该化合物的苷元部分^[13]。1999 年, 我国学者则首次完成了该化合物糖链部分的合成工作^[12]。

2 抗菌活性

甾体皂苷通常都是很好的抗细菌和抗真菌物质。一般皂苷的抗真菌作用效果要比皂苷元和乙酰化的皂苷好, 而活性大小则很大程度上受组分单糖的个数和它们连接顺序的影响。

Morita 等^[14] 从大头蒜 *Allium ampeloprasum* L. s. l. 中分离得到的 2 种甾体皂苷 proampeloside Bf₁ 和 proampeloside Bf₂ (图 1-12) 可以抑制 *Candida albicans* 的生长, 而相应的呋甾烷无效。

Hromichi 等从大蒜 *A. sativum* L. 中分离的 3 种甾体皂苷具有强弱不同的抗霉菌活性, 这可能与甾体皂苷能与霉菌细胞膜中胆固醇形成复合物有关。

从西非植物 *Costus afer* 中分离的甾体皂苷 aferoside-A (图 1-13) 被证明有良好的消炎作用, 并可用于关节炎的治疗^[15]。

从白芦笋根中分离得到的一种甾体皂苷, 在 1^μg/mL 浓度即对 *Candida albicans* 等真菌有很好的抑制作用, 经鉴定其结构与从叉蕊薯蓣 *Dioscorea collettii* Hook. f. 中分离得到的 collettinside III 是相同的^[16]。

另外, parillin (图 1-14) 也是一种植物抗菌素, 具有较强的抗霉菌活性, 同时也有一定的抗细菌作用; 而 F 环裂解的 sarsaparilloside 则不但没有溶血作用, 更没有抗菌活性。

3 调节免疫和改善心脑血管功能作用

3.1 几种甾体皂苷粗提物的活性研究: 地奥心血康是以药用植物中提取的甾体总皂苷为主要成分的纯中药。临床观察表明该药物能增加冠脉血流量和营养心肌, 改善末梢循环从而增加心肌血氧供应并能明显抑制血小板聚集、降低血胆固醇和甘油三酯水平。因此对心肌有保护能力, 对治疗冠心病有良好疗效。

穿山龙是薯蓣科 (*Dioscoreaceae*) 薯蓣属 (*Dioscorea* L.) 植物穿龙薯蓣 *Dioscorea nipponica* Mak. 的根茎, 具有活血舒筋、消食利水、祛痰截疟之功, 用于治疗风寒湿痹、慢性气管炎、消化不良、劳损扭伤等。穿山龙的有效成分主要包括 dioscin gracillin 和水溶性皂苷。穿山龙能显著增加心肌营养性血流量, 有效成分为水溶性甾体皂苷。药理实验说明穿山龙对细胞免疫和体液免疫均有抑制作用, 而对巨噬细胞吞噬功能有增强作用^[17]。

蒺藜 *Tribulus terrestris* L. 为蒺藜科 (*Zygophyllaceae*) 蒺藜属 (*Tribulus* L.) 植物, 是破瘀癥积聚, 补肝肾, 平肝潜阳的良药。其中甾体皂苷是蒺藜的主要有效成分。目前已从不同产地蒺藜的不同部位分离出的皂苷主要含有 hecogenin, tigogenin 和 gitogenin 等苷元。近年来的研究发现, 该植物在防治心脏血管疾病方面显示良好疗效。例如: 蒺藜茎叶的粗皂苷制剂 tribusponin 对猫和兔可增强心肌收缩力, 扩张冠状动脉, 并显示出有较强的抗缺血、降压以及改善微循环和组织代谢的作用^[18]。

3.2 抗血小板聚集作用: 从薤白、薤^[19]及大蒜^[20]中分离得到的甾体皂苷元对 ADP 诱导的血小板聚集有不同程度的抑制作用。其中薤白苷元 F (图 1-15) 的 IC₅₀ 为 0.020 mmol/L, 作用最强; 其次为薤白苷元 A, 其 IC₅₀ 为 0.065 mmol/L, 两者的抑制作用均为阿司匹林的 50 倍左右。chinoside II (图 1-3) 作用较弱, 但其 IC₅₀ 与阿司匹林相当。而大蒜中的 isoeruboside B (图 1-16) 则能明显延长血液凝固时间。

3.3 抑制 cAMP 磷酸二酯酶的作用: 从大花葱 *Allium giganteum* Rgl. 中分离的螺甾皂苷 (图 1-17) 能显著抑制 cAMP 磷酸二酯酶的活性, 其作用几乎等于罂粟碱。而且从中分离的 2 个呋甾皂苷 (图 1-18) 的抑制活性均比其相应的螺甾皂苷活性强, 这与以往报道的甾体皂苷中螺甾皂苷比呋甾皂苷活性强的结果不同, 可能与这 2 个呋甾皂苷的 A 环和 B 环上结合 2 个羟基有关^[21]。

另外, 从山韭 *Allium senescens* L. 中得到的一个甾体皂苷 (图 1-4) 亦能显著抑制 cAMP 磷酸二酯酶活性, 其 IC₅₀ 几乎与罂粟碱相当^[6]。Kuroda^[22] 等从薤中分离得到的 laxogenin 的皂苷都显示出了比较强的抑制 cAMP 磷酸二酯酶的作用。由此可见, 苷元部分是重要的活性组成部分。

4 抗糖尿病作用

加藤笃等对黄精 *Polygonatum officinale* All. 和玉竹 *P. odoratum* Mill. Druce 的降血糖作用及其有效成分进行了较为详尽的研究^[24]。从黄精活性部位分离得到一活性成分, 经鉴定为 1 种螺甾烷。用移位法标记的 GLU T2 控针检测基因

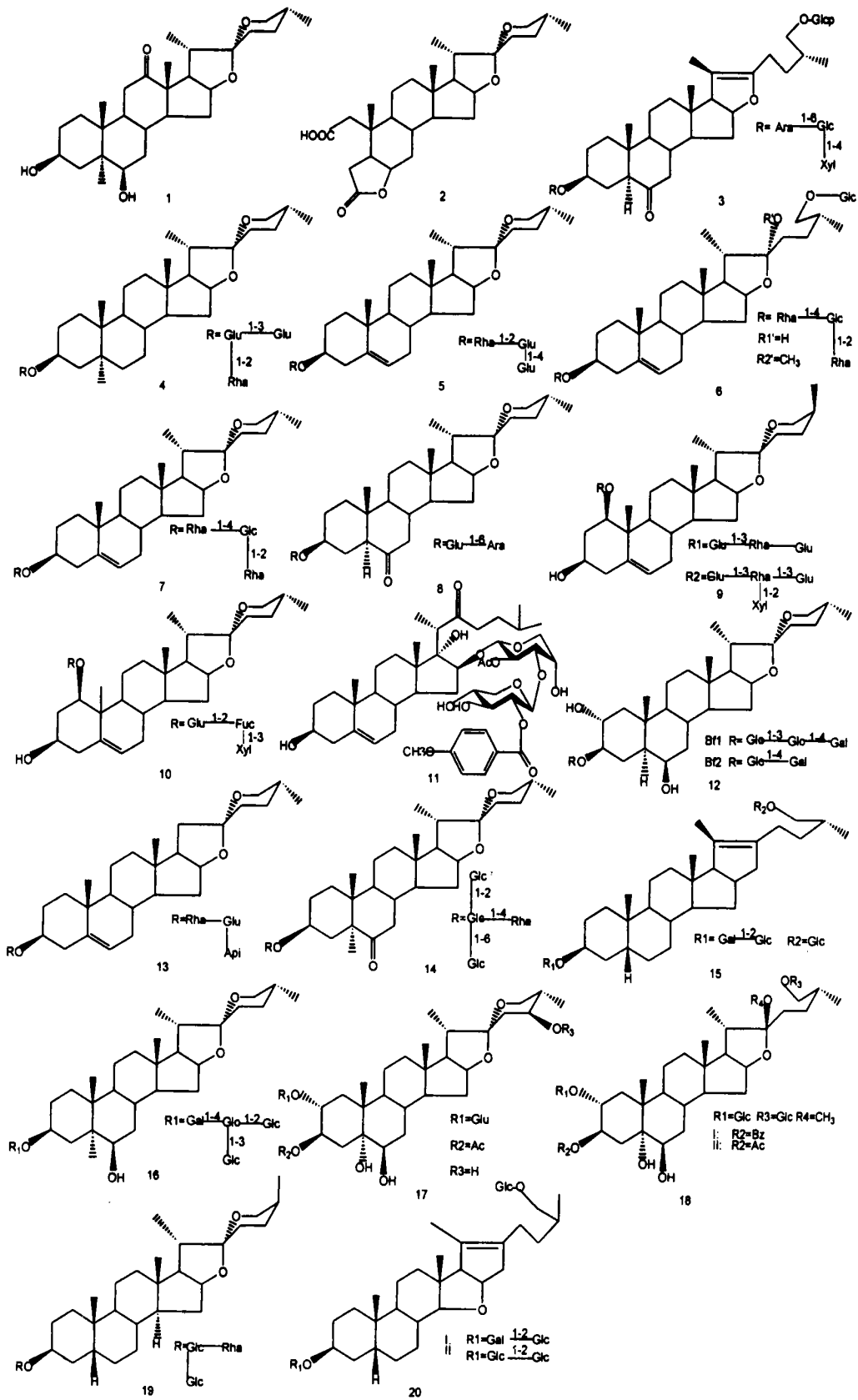


图 1 甾体皂苷结构

的方法,表明黄精甲醇提取物可明显抑制该基因的出现,进而抑制肝糖释放而达到降糖目的。经初步免疫实验筛选,玉竹中的甾体皂苷成分(POD)的降糖机制是促进胰岛 β 细胞分泌胰岛素的功能加强,同时增进肝脏对葡萄糖的吸收能力,从而达到降低血糖的效果^[25]。

此外,对知母 *Anemarrhena asphodeloides* Bge. 水提取物降血糖作用也进行了研究,有效成分为假原知母皂苷 A 和原知母皂苷 A,其作用呈剂量依赖性。

众所周知,蔗糖对糖尿病人的健康十分有害。因此,许多科研工作者都在致力于寻找高甜低热的化合物来代替蔗糖。最近美国有研究发现,植物中的多种蒴类、甾体以及甾体皂苷都可以作为糖类的甜味替代剂,对糖尿病人的治疗起到良好的作用^[26]。

5 溶血作用

百合科植物粉萆薢 *Smilax glauco-china* Warb 亦称黑果萆薢、金刚藤头等,为我国特有的百合科萆薢属植物,其根茎有清热、除风毒等功效,是治疗血淋和跌打损伤的中药。从其根茎的甲醇提取液中分离出 1 种甾体皂苷成分—fenbaqia saponin(图 1-19),在鸡血样品的溶血反应中表现了非常明显的溶血作用^[27]。

虽然大多数的皂苷都有溶血作用,但并非所有的皂苷水溶液都能破坏红血球产生溶血现象。一般 F 环闭合的单糖链皂苷和螺旋甾烷衍生物皂苷则具有溶血作用,如来自灰萆薢 *Smilax aristolochiaefolia* Mill. 的 parillin(图 1-14);而 F 环裂解的双糖皂苷 sarsaparilloside 就没有溶血作用。

实验表明,具有溶血活性的皂苷能够完全消融红细胞膜,而不破坏细胞核,因此皂苷有可能被用来替代聚乙二醇用于细胞融合,即皂苷可成为新型的天然细胞融合剂。但目前二者作用的一致性,还有待进一步的研究。

6 其它

6.1 毒性:从 *Nartheicum asiaticum* Maxim 中分离得到的甾体皂苷,经豚鼠试验发现具有毒性^[28]。

6.2 抗氧化自由基活性:大量研究表明,知母皂苷有抗病毒、抗血小板凝集、降血糖和清除自由基作用。从该化合物分离得到的 4 种水溶性甾体皂苷(图 1-20),均表现出了一定的消除羟自由基的作用^[29]。

7 结语

由于甾体皂苷结构的复杂性,因此合成难度非常大。但是随着手性合成和寡糖合成方法的进展,已经有一些有关甾体皂苷化合物的全合成的报道。还有一些学者正在尝试通过生物转化的方法得到生物活性的甾体皂苷。相信随着对其研究的不断深入,将会在甾体皂苷类化合物的研究中取得重大的突破。

参考文献:

[1] 张剑波,剑 飙,惠永正. 呋喃甾烷型皂甙的研究进展 [J]. 有机化学, 2000, 20(5): 663-688.
[2] Deng S J, Yu B, Lou Y, *et al.* First total synthesis of an exceptionally potent antitumor saponin, OSW-1 [J]. J Org Chem, 1999, 64(1): 202-208.

[3] 冯传莉,俞 飙,惠永正,等. 皂甙的三维定量构效关系研究 [J]. 化学学报, 2000, 58(12): 1534-1539.
[4] Carotenuto A, Fattorusso E, Lanzotti V, *et al.* 12-keto-porrigenin and the unique 2,3-seco-porrigenin, new antiproliferative saponin from *Allium porrum* [J]. Tetrahedron, 1997, 53(9): 3401-3406.
[5] 姜 勇,王乃利,姚新生,等. 薤中抗凝和抗癌活性成分的结构鉴定 [J]. 药学学报, 1998, 33(5): 355-361.
[6] Inoue T, Mimaki Y, Sashida Y, *et al.* Steroidal glycosides from *Allium-macleamii* and *A. senescens* and their inhibitory activity on tumor promoter-induced phospholipid-metabolism of HeLa-cells [J]. Phytochemistry, 1995, 40(2): 521-525.
[7] Mimaki Y, Sashida Y, Kuroda M, *et al.* Inhibitory effects of steroidal saponins on 12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetic (TPA)-enhanced P-32 incorporation into phospholipids of HeLa-cells and proliferation of human-malignant tumor-cells [J]. Biol Pharm Bull, 1995, 18(3): 467-469.
[8] Shao Y, Poobrasert O, Kennelly E J. Steroidal saponins from *Asparagus officinalis* and their cytotoxic activity [J]. Planta Med, 1997, 63(3): 258-262.
[9] Wang Z, Zhou J, Ju Y, *et al.* Effect of two saponins extracted from the *Polygonatum zanlanscianense* Pamp on the human leukemia cells [J]. Biol Pharm Bull, 2001, 24(2): 159-162.
[10] 李 忌,陈俊杰,巨 勇,等. 天然甾体皂甙化合物的抗肿瘤活性 [J]. 天然产物的研究与开发, 1999, 11(1): 14-17.
[11] Mimaki Y, Nakamura O, Sashida Y, *et al.* Structure of steroidal saponins from the tubers of *Brodiaea californica* and their inhibitory activity on tumor promoted-induced phospholipid-metabolism [J]. Chem Pharm Bull, 1995, 43(6): 971-976.
[12] 余伯阳,殷 霞,荣祖元,等. 短葶山麦冬皂甙 C 的药理活性研究 [J]. 中国药科大学学报, 1994, 25(5): 286-288.
[13] Guo C X, Fuchs P L. Cephalostatin support study 12. the first synthesis of the aglycone of the potent anti-tumor steroidal saponin [J]. Tetrahedron Lett, 1998, 39(10): 1099-1102.
[14] Morita T, Ushiroguchi T, Hayashi N, *et al.* Steroidal saponins from elephant garlic bulbs of *Allium ampeloprasum* L. [J]. Chem Pharm Bull, 1988, 36 3480.
[15] Lin R C, Hanquet B. Aferoside A, a steroidal saponin from *Costus afer* [J]. Phytochemistry, 1996, 43(3): 665-668.
[16] Shimoyamada M, Suzuki M, Maruyama M, *et al.* An anti-fungal saponin from white asparagus bottoms [J]. J Sci Food Agr, 1996, 72(4): 430-434.
[17] 柳全文,田景振,李 民. 穿山龙的成分、药理及临床应用研究概况 [J]. 山东中医杂志, 1998, 17(1): 29-31.
[18] 徐一新,陈海生,梁华清,等. 蒴藜的心血管活性成分研究 [J]. 第二军医大学学报, 1998, 19(4): 380.
[19] Alfonso C, Ernesto F, Lanzotti V, *et al.* Porrigenins A and B, novel cytoxic and antiproliferative saponin isolated from *Allium porrum* [J]. J Nat Prod, 1997, 60(10): 1003-1007.
[20] 彭军鹏,陈 浩,乔艳秋,等. 大蒜中两种新的甾体皂甙成分及其对血液凝聚性的影响 [J]. 药学学报, 1996, 31(8): 607-612.
[21] Mimaki Y, Nikaido T, Matsumoto K, *et al.* New steroidal saponins from the bulbs of *Allium giganteum* exhibiting potent inhibition of cAMP-phosphodiesterase activity [J].

- Chem Pharm Bull, 1994, 42(3): 710-714.
- [22] Mimaki Y, Kawashima K, Kanamoto T, *et al.* Steroidal glycosides from *Allium albopilosum* and *A. ostromianum* [J]. Phytochemistry, 1993, 34: 799.
- [23] 刘玉萍,付桂芳,曹 晖. 黄精及其制剂在抗糖尿病方面的药理学研究及临床应用 [J]. 中国中药杂志, 1998, 23(7): 438-439.
- [24] Kato A, Miura T. Hypolycemic action of the rhizomes of *Polygonatum officinale* in normal and diabetic mice [J]. Planta Med, 1994, 60(2): 201-203.
- [25] 林厚文,韩公羽,廖时董. 中药玉竹有效成分研究 [J]. 药学报, 1994, 29(3): 215-222.
- [26] Kinghorn A D, Kaneda N, Baek N I. Noncarcinogenic intense natural sweeteners [J]. Med Res Rev, 1998, 18(5): 347-360.
- [27] 陈 彦,袁 艺. 粉萆薢皂甙的溶血作用研究 [J]. 生物学杂志, 1997, 1: 26-27.
- [28] Inoue T, Mimaki Y, Sashida Y, *et al.* Structure toxic steroidal saponins from *Narthecium asiaticum* Maxim [J]. Chem Pharm Bull, 1995, 43(7): 1162-1166.
- [29] 马百平,董俊兴,王秉及,等. 知母中呋甙皂苷的研究 [J]. 药学报, 1996, 31(4): 271-277.

当归的研究进展

马瑞君¹,王 钦¹,陈学林¹,孙 坤¹,张乐林²

(1. 西北师范大学生命科学学院植物研究所,甘肃 兰州 730070; 2. 兰州市第十中学,甘肃 兰州 730000)

摘要: 对近年在当归植物学、药理学、栽培学等方面的研究工作作一概述。就当归生地育苗、品质下降等问题提出一些解决途径。

关键词: 当归;植物;药理作用;栽培

中图分类号: R282.71 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-2670(2002)03-0280-03

Advance in research of *Angelica sinensis*

MA Rui-jun¹, WANG Qin¹, CHEN Xue-lin¹, SUN Kun¹, ZHANG Le-lin²

(1. Institute of Botany, College of Life Sciences, Northwest Normal University, Lanzhou Gansu 730070, China;

2. Tenth Middle School in Lanzhou, Lanzhou Gansu 730000, China)

Key words *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels; botany; pharmacological effect; cultivation

当归 *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels 是伞形科当归属一种多年生草本植物。其干燥的贮藏根是我国一味常用中药材,药用历史悠久,历代本草均有记载,始记于《神农本草经》谓之“当归味温,主呃逆上气”被列为中品。有补血、和血、调经止血、润肠滑肠之功效,为医家常用,素有“十方九归”之称。下面就当归的研究进展作一综述。

1 植物学研究

当归的药用价值早已为人们所认识,但由于种种原因,长期以来在一些地区品种混乱、基源不清的问题依然存在。如:在青海、四川民间的部分地区,就有以青海当归 *A. nitida* Wolff 大叶当归 *A. megaphylla* Diels 的根代替当归入药;在吉林省的延边朝鲜族自治州以东当归 *A. acutiloba* (Sieb. et Zucc.) Kitagawa 栽培作“当归”使用已有长久历史。在日本、朝鲜、韩国也以本种称当归栽培入药,功效与我国产当归类似。我国一度也曾因当归药用资源匮乏,由欧洲引种了与当归同科不同属的欧当归 *Levisticum officinale* Koch 代用。但二者所含主要成分的性质与含量均有差异,药

理作用也不尽相同^[1,2]。从1983年起国家卫生部就明文禁止以欧当归充当当归使用。

20世纪80年代以前,当归植物学的研究主要是外部形态的描述,在《全国中草药汇编》《中国植物志》等著作中均有较详细的记载。在近20年来,随着对当归药性研究和开发的深入,以及当归栽培中所出现的品质下降和早期抽苔等问题,人们开始关注其内部解剖结构,希望能从中找到突破口,因此,开展了一些显微水平的结构植物学研究^[3,4]。

2 化学成分

从当归的乙醇提取物中分离到6种化合物分别为:(*E*)-藁本内酯,(*Z*)-藁本内酯,(*Z*)-正丁基呋内酯,棕榈酸,β-谷甾醇,阿魏酸。此外还含有蔗糖,多种氨基酸及微量元素,烟酸,丁二酸,腺嘌呤,尿酸,胆碱等成分^[5]。

3 药理作用

3.1 促进机体免疫:近年对当归多糖的大量研究,证实它具有明显的免疫促进作用。注射当归多糖可显著增强小鼠单核吞噬细胞系统的吞噬功能;可明显提高小鼠对牛血清蛋白诱

* 收稿日期: 2001-08-28

基金项目:西北师范大学知识与科技创新工程(NWNU-KJCG-02);甘肃省环保局联合资助项目(GH001-11)

作者简介:马瑞君(1956-),女,回族,硕士,甘肃平凉人,副教授,主要从事结构植物学和植物生态学的教学与科研工作,发表论文20余篇。E-mail: rjma@nwnu.edu.cn Tel: (0931) 7971530