

• 综 述 •

大吴风草化学成分与药理活性研究进展

张 勇¹, 曾 鹏¹, 贾 琦¹, 郭夫江¹, 李医明^{1*}, 朱维良^{2*}, 陈凯先^{1,2}

1. 上海中医药大学中药学院 中药化学教研室, 上海 201203

2. 中国科学院上海药物研究所 新药研究国家重点实验室, 上海 201203

摘 要: 大吴风草为药食两用植物, 长期的民间和地方用药均显示该植物具有重要的药用价值。大吴风草的化学成分主要为挥发油、萜类(倍半萜、二萜、三萜)、酚类、生物碱类、甾体类以及脂肪酸类等; 并具有广泛的药理作用, 包括抗肿瘤、抗炎、对黄疸型肝炎的治疗作用以及杀螨除虫作用。对国内外有关大吴风草的文献资料进行系统的整理, 着重对其基源、化学成分和药理作用的研究进展进行综述。

关键词: 大吴风草; 基源; 挥发油; 萜类; 抗肿瘤; 抗炎

中图分类号: R282.71 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2012)05-1009-09

Advances in studies on chemical constituents and pharmacological activities of *Farfugium japonicum*

ZHANG Yong¹, ZENG Peng¹, JIA Qi¹, GUO Fu-jiang¹, LI Yi-ming¹, ZHU Wei-liang², CHEN Kai-xian^{1,2}

1. Department of Phytochemistry, School of Pharmacy, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China

2. State Key Laboratory of Drug Research, Shanghai Institute of Materia Medica, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201203, China

Key words: *Farfugium japonicum* (L. f.) Kitam.; origin; volatile oil; terpenoids; antitumor; anti-inflammation

大吴风草 *Farfugium japonicum* (L. f.) Kitam. 为菊科(Compositae)千里光族款冬亚族大吴风草属 *Farfugium* Lindl. 多年生草本植物。《名医别录》和《本草蒙荃》中均有记载, 又名莲蓬草(《福建民间草药》)、野金瓜(《浙江民间常用草药》)、八角乌、活血莲(湖南、湖北)、金杯盂、金钵盂、独脚莲(《质问本草》)、囊吾、铁冬苋、大马蹄、大马蹄香、马蹄当归、一叶莲、熊掌七(湖北)、台湾山菊(台湾), 产于湖北、湖南、广西、福建、台湾等省^[1-4]。该植物主要分布在中国东南部、韩国、日本大陆以及琉球群岛^[5], 也栽培于国内外的一些植物园和家庭中。夏、秋季采收, 全草入药, 味辛、甘、微苦, 性凉, 可治疗咳嗽咯血、便血、月经不调、跌打损伤、乳

腺炎、痈疖肿毒^[2]。在日本, 大吴风草的嫩叶和茎常作为蔬菜食用^[6]。此外, 该植物在韩国被称作“Yeon-Bong-Cho”, 民间广泛用于治疗湿疹、咳嗽、支气管炎、淋巴腺炎、痢疾等疾病, 并具有退热和解毒功效^[7]。长期的民间临床用药显示, 大吴风草具有重要的药用价值。本文首次对大吴风草的基源、化学成分以及药理作用的研究进行综述, 以便为其深入研究开发提供参考。

1 基源鉴定

1.1 大吴风草的历史来源

大吴风草为单种属植物, 产于中国和日本。该种早在 1856 年就由 Fortune 从我国引至英国栽培^[1]。起初, Koyama 等^[8]将大吴风草属植物划分为

收稿日期: 2011-09-26

基金项目: 新药研究国家重点实验室开放课题(SIMM1106KF-14)

作者简介: 张 勇(1986—), 男, 硕士研究生, 研究方向为中药活性成分构效关系及新药开发。

Tel: (021)51322451 E-mail: zhangyong109@yeah.net

*通讯作者 李医明 Tel: (021)51322191 E-mail: ymliu@163.com

朱维良 Tel: (021)50806600-1205 E-mail: wlzhu@mail.shcnc.ac.cn

F. grande、*F. japonicum* 和 *F. hiberniflorum* 3 个种, 其中 *F. hiberniflorum*、*F. grande* 分别为日本地方品种和栽培种, 但刘尚武^[9]则建议将 3 个种合并为 *F. japonicum* 1 个种。国内本草学专著有关大吴风草的记载较为混乱, 这与菊科千里光族款冬亚族的复杂分类系统有关。根据外部形态学的研究, 长期以来, 大吴风草属被认为与橐吾属 *Ligularia* Cass. 近缘, 并比之原始^[1,9]。千里光族作为紫菀目菊科最大的族, 包括近 120 个属、3 200 种植物。Nordenstam^[10]认为千里光族由 Blennospermatinae 和 Senecioninae 2 个亚族构成。然而, Jeffrey 等^[11]将东亚地区千里光族分为 3 个亚族: 千里光亚族、款冬亚族和狗舌草亚族。款冬亚族包括了大吴风草属在内的 13 个属, 其中款冬属 *Tussilago* L. 和蜂斗菜属 *Petasites* Mill. 早期则形成了独立的进化枝, 除此以外的 11 个属被 Liu 等^[12]归并为 *Ligularia-Cremanthodium-Parasenecio* (L-C-P) 系统, 并认为大吴风草属的发源地位于中国中部, 向东扩散至日本。

1.2 生物学特性及地域分布研究

有关大吴风草属植物的生物学研究, 目前国内仅见对其核形态、花粉表面纹饰以及核基因序列的相关报道。刘建全^[13]通过对南川地区大吴风草 *F. japonicum* 核形态的研究发现, 前期染色体为中间型, 间期为复杂型, 长度 3.70~2.64 μm , 核型公式 $2n=60=14m+26sm+20st$ (4SAT), 为 3A 类型。Okuno 等^[5]通过对日本生长的大吴风草染色体研究发现, 其染色体减数分裂形态为 $2n=60=30\text{II}$ 。Hajime 等^[14]通过对采自日本 68 个地区 31 个县以及中国台湾 2 个地区的 190 株大吴风草样品 (包括野生和人工栽培品种) 的染色体研究发现, 所有野生品种 *F. japonicum* var. *japonicum* (共计 177 株) 的染色体数均为 $2n=60$ 。而橐吾属植物的染色体基数 $x=29$, 核型为 $2A$ ^[15]。此外, 刘建全等^[16]通过对大吴风草花粉形态观察发现, 该植物花粉粒呈椭圆形, 具有 3 孔沟, 沟短而宽, 孔膜不突出; 外壁有刺状纹饰, 刺渐尖; 刺基部膨大; 刺间外壁光滑, 具有网状纹饰。花粉粒的微观结构均不支持大吴风草属与橐吾属近缘的观点。核基因序列研究方面, Naofumi 等^[17]采用 3 种不同的方法从大吴风草中分离得到 8 条微卫星基因, 并认为其核基因组 (nSSR) 序列可用于测定该物种的基因流及遗传多样性, 并阐明大吴风草属内部种群的基因构成。

大吴风草主要生长在我国东南部低海拔地区的林下、山谷和草丛中, 也广泛分布在韩国、日本及附近岛屿。在日本, 该植物根据野外生长的不同环境被划分为 1 个普通品种 *F. japonicum* var. *japonicum* 以及 3 个地方性变种 *F. japonicum* (L. f.) Kitam. var. *giganteum* (Siebold et Zucc.) Kitam.、*F. japonicum* (L. f.) Kitam. var. *luchuense* (Masam) Kitam. 和 *F. japonicum* (L. f.) Kitam. var. *formosanum* (Hay.) Kitam., 其中生于河床附近的 *F. japonicum* var. *luchuense* (Masam) Kitamura. 极易受到人为活动和环境变化的影响^[17]。

2 化学成分

2.1 挥发油

Kim 等^[7]采用 GC-MS 对韩国济州岛生长的大吴风草花部位挥发油进行了成分研究, 挥发油占 0.138%。其中挥发油成分分别为 1-十一碳烯 (22.43%)、1-壬烯 (19.83%)、 β -石竹烯 (12.26%)、 α -胡椒烯 (3.7%)、甲苯 (2.96%)、 γ -姜黄烯 (2.86%)、吉马烯 D (germacrene D, 2.69%)、1-癸烯 (2.08%)、邻苯二甲酸二乙酯 (1.56%)、雅槛蓝油烯 (eremophilene, 1.21%)、 α -石竹烯 (α -caryophyllene, 1.20%)、香桉烯 (sabinene, 1.03%)、石竹烯氧化物 (caryophyllene oxide, 0.91%)、 α -蒎烯 (α -pinene, 0.90%)、 β -葑烯茄苦素 (β -cubebene, 0.90%)、 β -芹子烯 (β -selinene, 0.62%)、 α -衣兰油烯 (α -muurolene, 0.54%)。以上 17 个化合物的总量占总挥发油的 78%。

2.2 萜类

2.2.1 倍半萜 大吴风草植株中含有多数类型的倍半萜类成分。Hajime 等^[18-20]从大吴风草中分离得到 7 个新的呋喃萜雅槛蓝烷 (furaneremophilane) 型倍半萜, 分别为: 3β -angeloyloxy-9-seneciolyoxy-furaneremophilane (1)、 3β -angeloyloxy-9-hydroxy-furaneremophilane (2)、 3β -angeloyloxy-furaneremophilane (3)、 6β -seneciolyoxy-10 β -hydroxy-furaneremophilane (4)、 6β -seneciolyoxy-furaneremophilane (5)、 3β -angeloyloxy-10 β -hydroxy-9 β -seneciolyoxy furanoeremophilane (6)、 3β -angeloyloxy-10 β -hydroxyfuraneremophilane (7), 以及 2 个新的 benzofuranosesquiterpenes 型倍半萜, 大吴风草素 A (farfugin A, 8) 和大吴风草素 B (farfugin B, 9)。《中华本草》和《中药大辞典》中均记载大吴风草根茎部位含有大吴风草素 A、B^[3-4]。

Ito 等^[21-23]先后从 *F. japonicum* var. *formosanum*、大吴风草和 *F. japonicum* var. *luchuense* 中分离得到 5 个雅楹蓝烯内酯 (eremophilanolide) 型倍半萜, 分别为 farformolide A (**10**)、farformolide B (**11**)、3 β -angeloyloxy-8-*epi*-eremophilanolide (**12**)、3 β -angeloyloxy-6 β -hydroxy-8-*epi*-eremophilanolide (**13**) 和 3 β -angeloyloxy-8 β , 10 β -dihydroxyeremophila-7(11)-en-12, 8 α -lactone (**14**)。谢菰斐^[24]对台湾山菊 *F. japonicum* var. *formosanum* 的根以及地上部位分别进行了化学成分研究, 从根部位分离得到 4 个 furanoeremophilane 型倍半萜类化合物: 10 β -hydroxy-6 β -methoxyfuranoeremophilane (**15**)、furanoeremophilan-6 β , 10 β -diol (**16**)、6 β -ethoxy-10 β -hydroxyfuranoeremophilane (**17**) 和 farfugin A (**8**); 以及 5 个雅楹蓝烯内酯型倍半萜: farformolide B (**11**)、8 β , 10 β -dihydroxy-6 β -methoxyeremophilanolide (**18**)、6 β , 8 β , 10 β -trihydroxyeremophilanolide (**19**)、3 β -acetoxyl-8 α -hydroxy-6 β -methoxyeremophil-7(11), 9-dien-8, 12-olide (**20**)、8 α -hydroxy-6 β -methoxyeremophil-7(11), 9-dien-8, 12-olide (**21**)。此外, Hsieh 等^[25]从中国台湾生长的大吴风草中同样分离得到了化合物 farformolide B (**11**), 并通过 X 射线衍射技术确定了该化合物的三维结构。

Tozaburo 等^[26]从大吴风草根茎部位分离得到 2 个新的雅楹蓝烷型 (eremophilane) 倍半萜, 分别为 α , α' -bis (3 β -angeloyloxyfuranoeremophilane) (**22**) 和 3 β -angeloyloxy-8 β -hydroxy-9 β -seneciolyloxyeremophilanolide (**23**)。Motoo 等^[27-28]先后从大吴风草新鲜根茎部位分离得到 6 个雅楹蓝烯内酯型倍半萜 (**34**~**39**), 以及其他类型倍半萜, 分别是 eremodimers A~C (**24**~**26**), eremolactams A、B (**27**、**28**), eremofarfuginoic acid (**29**), methyl eremofarfuginoate (**30**), 2 个 noreremophilanes 类化合物 (**31**、**32**), furanoeremophilane (**33**), eremofarfugin A (**40**)、eremopetasitenin B₃ (**41**) 和 7 个倍半萜内酯类化合物 (**43**~**49**)。Shen 等^[29]对大吴风草根部位化学成分进行了研究, 分离得到 4 个雅楹蓝烯内酯型倍半萜: 3 β -angeloyloxy-6 α -hydroxy-8 β -methoxy-9 α -seneciolyloxyeremophila-7(11)-en-12, 8 α -lactone (**42**)、3 β -angeloyloxy-8 β , 10 β -dihydroxyeremophila-7(11)-en-12, 8 α -lactone (**14**)、3 β -angeloyloxy-10 β -hydroxy-8 α -methoxyeremophila-7(11)-en-12, 8 β -lactone (**35**)、3 β -angeloyloxy-10 β -

hydroxy-8 β -methoxyeremophila-7(11)-en-12, 8 α -lactone (**36**)。倍半萜类化合物结构式见图 1。

2.2.2 二萜 谢菰斐^[24]从台湾山菊中分离得到 3 个二萜类化合物, 分别为 phytol (**50**)、phytan-3-methoxy-1, 2-diol (**51**) 和 phytan-1, 2, 3-triol (**52**)。结构式见图 2。

2.2.3 三萜 大吴风草植株中还含有一些三萜类化合物。谢菰斐^[24]从台湾山菊的地上部位分离得到 5 个三萜类化学成分, 分别为木栓酮 (friedelin, **53**)、表木栓醇 (friedelan-3 β -ol, **54**)、熊果酸 (ursolic acid, **55**)、 α -香树脂素 (α -amyrin, **56**) 和 α -香树脂醇乙酸酯 (α -amyrin acetate, **57**)。结构式见图 2。

2.3 酚类化合物

大吴风草属植物除了含有多种类型的萜类化合物外, 还含有一些酚类化合物。谢菰斐^[24]从台湾山菊地上及根部位分离得到 8 个酚类化合物, 分别为 petasiphenol (**58**)、4-acetonil-3, 5-dimethoxy-p-quinol (**59**)、caffeic acid (**60**)、methyl caffeate (**61**)、methyl 4-hydroxy-3-methoxycinnamate (**62**)、*p*-hydroxybenzaldehyde (**63**)、4-hydroxymethyl ketone (**64**)、*p*-hydroxybenzoic acid (**65**)。结构式见图 3。

2.4 生物碱类

Furuya 等^[30]从大吴风草中得到克氏千里光碱 (senkirkine, **66**)。Haruki 等^[31]针对日本生长的大吴风草干燥全草中生物碱类成分进行了研究, 从中分离得到一个新的生物碱 farfugine (**67**)。结构式见图 4。

2.5 甾体及其苷类

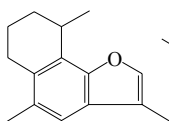
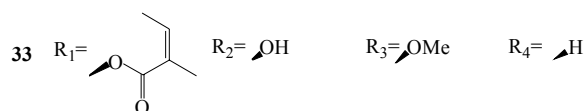
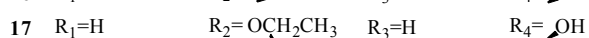
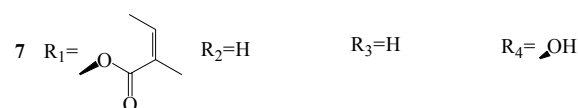
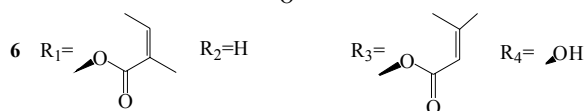
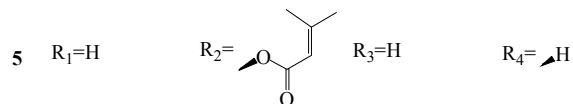
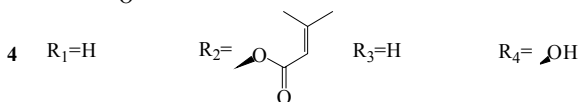
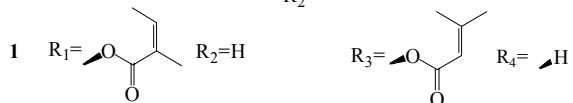
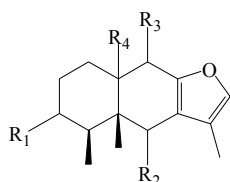
大吴风草中还含有一些甾体及其苷类化合物。《中华本草》中记载莲蓬草含有菜油甾醇 (campesterol)、豆甾醇 (stigmasterol) 和 β -谷甾醇 (β -sitosterol)。Tozaburo 等^[26]从大吴风草根茎中同样分离得到了以上 3 种甾醇类化合物。谢菰斐^[24]通过对台湾山菊的研究发现, β -谷甾醇和豆甾醇广泛分布于植株的地上和地下部位, 但甾体皂苷 β -sitosteryl-3-*O*- β -D-glucoside 和 stigmasteryl-3-*O*- β -D-glucoside 主要存在于地上部分。

2.6 脂肪酸

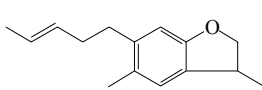
此外, 该植物中还含有棕榈酸 (palmitic acid)、亚油酸 (linoleic acid)、亚麻酸 (linolenic acid) 等脂肪酸类成分^[4,25-26]。

3 药理作用

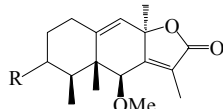
现代药理研究表明, 大吴风草总提取物及其化合



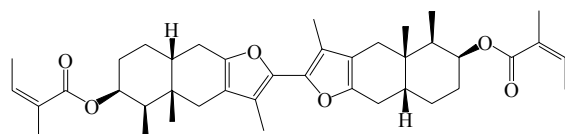
8



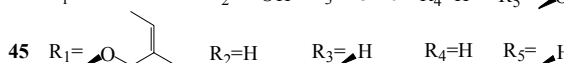
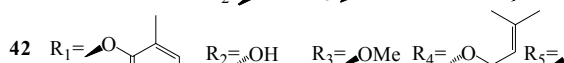
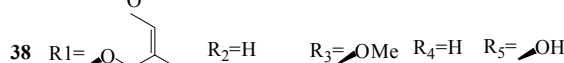
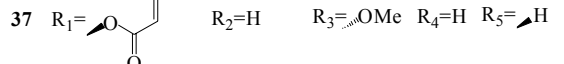
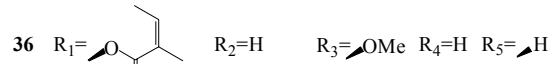
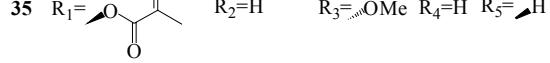
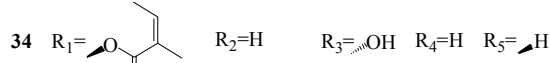
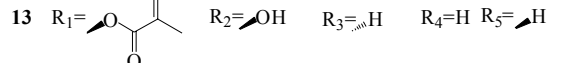
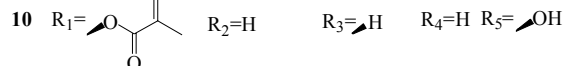
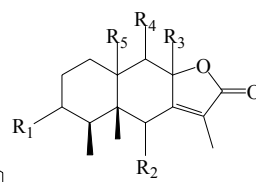
9



20 $R = \text{O}-\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2$
21 $R = \text{H}$



22



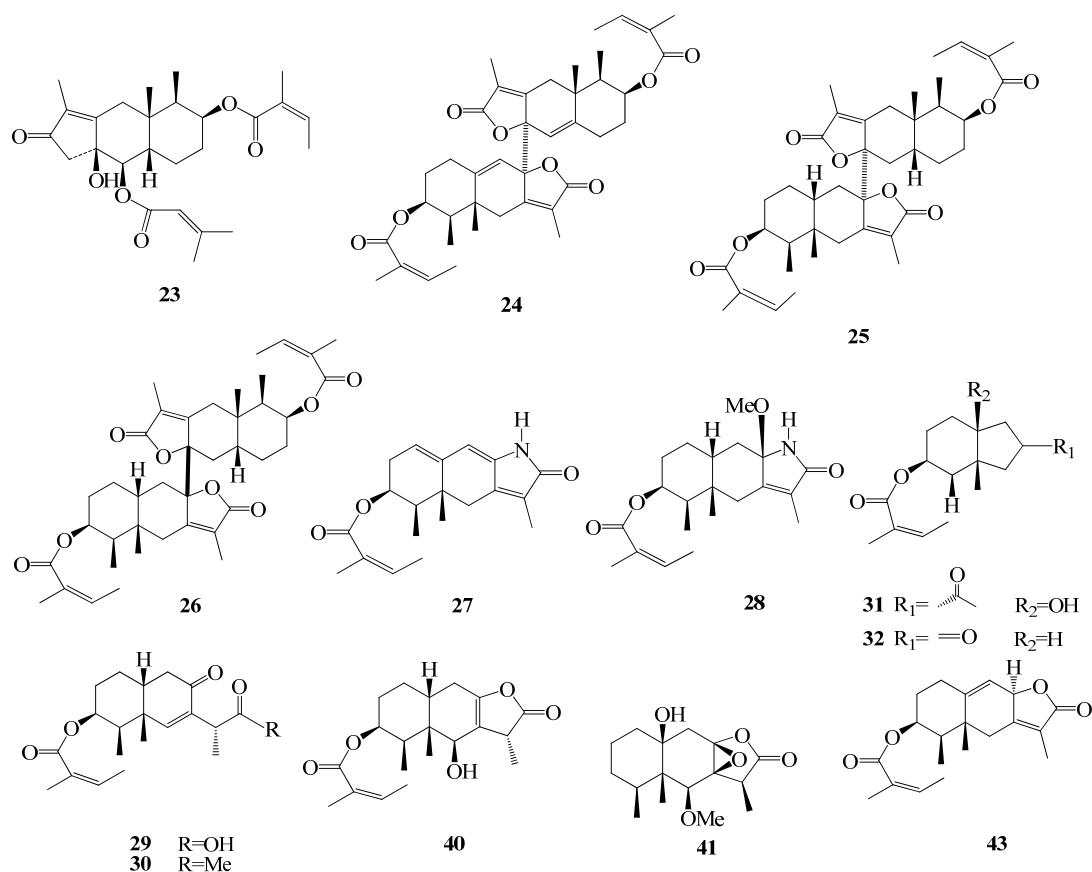


图1 大吴风草中倍半萜类成分结构

Fig. 1 Structures of sesquiterpenoids in *F. japonicum*

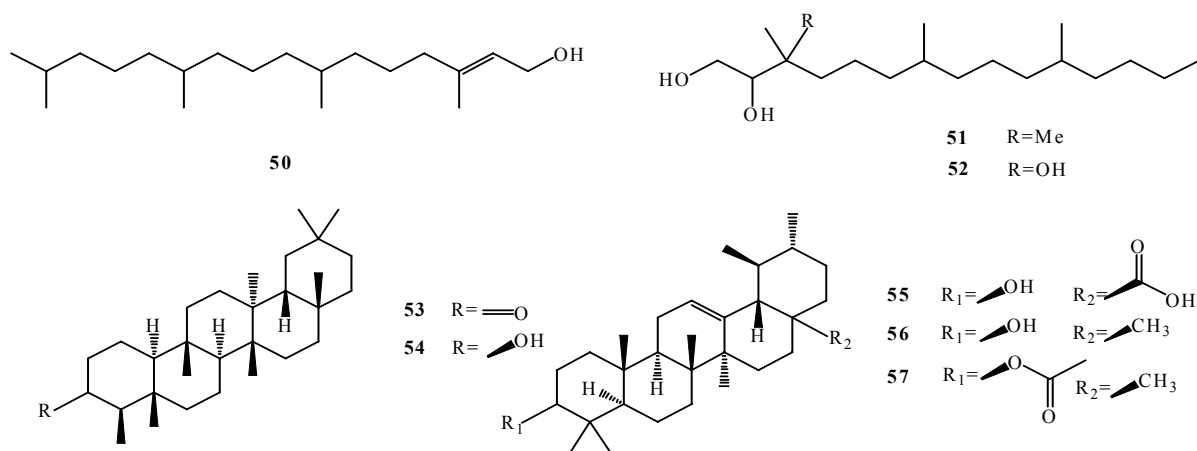


图2 从大吴风草中分离得到的二萜和三萜类化合物

Fig. 2 Diterpenoids and triterpenoids isolated from *F. japonicum*

物单体具有丰富的药理活性, 包括抗肿瘤、抗炎、对黄疸型肝炎的治疗作用以及杀螨除虫作用等。

3.1 抗肿瘤作用

谢菰斐^[24]对台湾山菊中分离出的化合物进行

了多种体外细胞活性筛选实验。研究结果显示, 6β-ethoxy-10β-hydroxyfuranoeremophilane (17) 和 8β, 10β-dihydroxy-6β-methoxyeremophilenolide (18) 对人乳腺癌细胞 (MDA-MB-231、MCF 7) 具有一

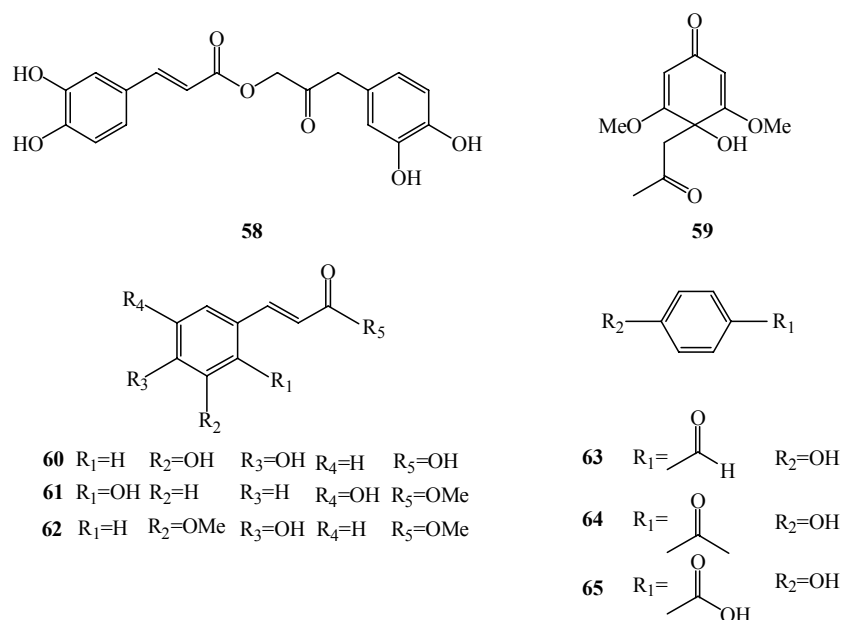


图3 从大吴风草中分离得到的酚类化合物
 Fig. 3 Phenols isolated from *F. japonicum*

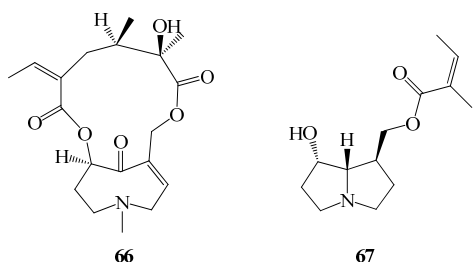


图4 从大吴风草中分离得到的生物碱类化合物
 Fig. 4 Alkaloids isolated from *F. japonicum*

定的杀伤作用；10 β -hydroxy-6 β -methoxyfurano-eremophilane (15)、furanoeremophilan-6 β , 10 β -diol (16)和methyl caffeate (61)对人肺癌细胞(NCH460)具有一定的杀伤作用。

3.2 抗炎作用

Kim等^[7]通过对大吴风草花部位总挥发油的药理作用研究发现，该组分能通过抑制诱导型NO合酶(iNOS)和环氧化酶-2(COX-2)mRNA的表达从而抑制RAW264.7细胞中NO和PGE₂的产生，发挥抗炎作用，且抑制作用与挥发油浓度之间存在一定的剂量依赖关系。此外，为研究大吴风草挥发油对人体皮肤的安全性，Kim等^[7]采用MTT法考察了大吴风草总挥发油对人表皮纤维原细胞和角质形成细胞HaCaT的细胞毒作用，结果显示总挥发油浓度达到100 μ g/mL时，人表皮纤维原细胞存活率为100%，角质形成细胞存活率高于80%，说明总挥发

油具有较低的细胞毒性。基于以上研究结果，该研究小组认为大吴风草挥发油可作为一种潜在的外用抗炎候选药物进行开发利用。谢菘斐^[24]通过对台湾山菊化学成分的生物活性测试发现，其所含methyl caffeate (61)和methyl 4-hydroxy-3-methoxycinnamate (62)能刺激嗜中性白血球产生超氧自由基，从而发挥抗炎作用。

3.3 对黄疸型肝炎的治疗作用

王宫等^[32]选用 α -萘异硫氰酸酯(ANIT)致大鼠胆汁淤积型黄疸模型，研究大吴风草水提液和醇提液的退黄作用。血清总胆红素(TBIL)测试结果显示，模型组、水提液低剂量和高剂量组、醇提低剂量和高剂量组TBIL值分别为(133.12 $\pm$ 22.16)、(108.60 $\pm$ 12.13)、(106.44 $\pm$ 10.34)、(102.58 $\pm$ 22.79)、(86.36 $\pm$ 10.95) μ mol/L，模型组与给药组相比差异显著($P<0.05$)，说明大吴风草提取液能明显降低大鼠血清TBIL量，能够有效治疗黄疸型肝炎。

3.4 杀螨除虫作用

Kim等^[33]对22种植物的甲醇提取物杀螨除虫作用研究发现，大吴风草叶对*Tetranychus urticae*摄食行为具有明显的抑制作用。通过对24、48、72 h 3个时间点抑制率的变化情况观察后发现，24 h抑制率为91.1%，48 h抑制降为73.3%，72 h抑制率为80.0%。然而，其他植物甲醇提取物72 h内对

螨虫摄食行为的抑制率多呈现出逐渐升高的趋势。由此推测大吴风草叶甲醇提取物中可能含有某种类似于拒食素的化学成分,从而发挥杀螨除虫作用。因此可作为新型杀虫剂进行开发利用。

4 不良反应

《中药大辞典》记载,大吴风草根和叶中含有双稠吡咯啉类生物碱克氏千里光碱,对肝、肺有明显毒性,能致肝癌。实验研究表明,刚出生的大鼠较喂乳时候的幼鼠对双稠吡咯啉类生物碱敏感,较成年大鼠更敏感。因此,证明双稠吡咯啉类生物碱并非在肝内微粒体(刚出生鼠肝内缺乏代谢酶)转变为毒性代谢物,而可能是在体内转变为相应的环氧化合物而产生毒性作用^[3]。

5 结语

目前有关东亚款冬亚族的范畴、亚族内各属的系统位置与亲缘关系仍是千里光族系统学研究的争论焦点^[12,15],但将大吴风草属划分到千里光族款冬亚族的观点是被植物界普遍认可的。此外,由于菊科在外部形态学性状方面存在严重的同塑性演化,因此仅从外观形态方面对大吴风草进行基源鉴定是欠妥的。正是由于外观形态上的相似性,从而导致了历代本草学专著中将大吴风草与橐吾混为一谈。但就目前而言,外观形态学特征、核形态以及花粉表面纹饰依然是该属植物基源鉴定的重要参考依据。

化学成分研究方面,目前从大吴风草属植物中已分离鉴定出倍半萜类化合物49个,二萜和三萜类化合物8个,酚类化合物8个,生物碱2个,甾体及其苷类化合物5个,以及挥发油和多种脂肪酸类化合物。已发现的倍半萜类化学结构主要是呋喃骈雅桉烷型和雅桉蓝烯内酯,均属于雅桉蓝烷型倍半萜。此外,通过查阅文献发现,具有呋喃骈雅桉蓝烷型和雅桉蓝烯内酯骨架的倍半萜类化合物同样存在于橐吾属^[34-43]和蜂斗菜属^[44-58]植物中。由此可以推测大吴风草属、橐吾属和蜂斗菜属中雅桉蓝烷型倍半萜类化合物很可能具有相同或相似的生物转化途径,从而从植物次级代谢产物生物转化途径角度证实3个属之间存在一定亲缘关系。

药理研究方面,目前对大吴风草药理活性的研究主要集中在总提物的药效层面,针对单一化合物所开展的活性筛选仅见于谢菰斐^[24]对台湾山菊的相关报道。但现代药理研究表明,从橐吾属以及蜂斗菜属植物中分离得到的具有相同骨架的倍半萜内酯类化合物,在抗炎以及抗肿瘤方面表现出丰富的

药理活性^[40,52,59]。因此,大吴风草属植物中的倍半萜内酯类化合物很可能具有与之相同或相似的药理活性。但总体上有关大吴风草属植物化学成分的研究还不够系统和充分,特别是对活性成分的研究还有待进一步的深入。

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77卷) [M]. 北京: 科学出版社, 1989.
- [2] 《全国中草药汇编》编写组. 全国中草药汇编 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1996.
- [3] 江苏新医学院. 中药大辞典 [M]. 下册. 上海: 上海科学技术出版社, 1977.
- [4] 国家中医药管理局. 中华本草 (第21卷) [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1999.
- [5] Okuno H, Nakata M, Mii M, et al. A note on the karyotype of *Farfugium japonicum* (Asteraceae) [J]. *J Phytogeogr Taxon*, 2005, 53: 191-195.
- [6] Kurihara T, Suzuki S. Studies on the constituents of *Farfugium japonicum* (L.) Kitam. III. on the components of the rhizome [J]. *Yakugaku Zasshi*, 1980, 100: 681-684.
- [7] Kim J Y, Oh T H, Kim B J, et al. Chemical composition and anti-inflammatory effects of essential oil from *Farfugium japonicum* flower [J]. *J Oleo Sci*, 2008, 57(11): 623-628.
- [8] Koyama H. Taxonomic studies on the tribe Senecioneae of Eastern Asia II. Enumeration of the species of the species Eastern Asia [J]. *Mem Fac Sci Kyoto Univ Ser Biol*, 1969, 2(2): 137-183.
- [9] 刘尚武, 邓德山, 刘建全. 橐吾属的起源、演化与地理分布 [J]. 植物分类学报, 1994, 32(6): 514-525.
- [10] Nordenstam B. *Senecioneae and Liabeae*——Systematic Review [M]. London: Academic Press, 1977.
- [11] Jeffrey C, Chen Y L. Taxonomic studies on the tribe Senecioneae (Compositae) of Eastern Asia [J]. *Kew Bull*, 1984, 39: 205-446.
- [12] Liu J Q, Wang Y J, Wang A L, et al. Radiation and diversification within the *Ligularia-Cremanthodium-Parasenecio* complex (Asteraceae) triggered by uplift of the Qinghai-Tibetan Plateau [J]. *Mol Phylogenet Evol*, 2006, 38: 31-49.
- [13] 刘建全. 大吴风草 (菊科: 千里光族) 的核形态及其系统学意义 [J]. 西北植物学报, 2001, 21(1): 159-163.
- [14] Hajime O, Masashi N, Masahiro M. Cytological studies on wild *Farfugium japonicum* (Asteraceae) [J]. *J Chrom Sci*, 2009, 12: 27-33.
- [15] 刘建全. 东亚菊科千里光族款冬亚族的系统学 [D].

- 北京: 中国科学院植物研究所, 1999.
- [16] 刘建全, 何亚平, 孔宏智. 大吴风草属、假橐吾属花粉表面纹饰及其分类学意义 [J]. 西北植物学报, 2002, 22(1): 33-36.
- [17] Naofumi N, Kento F, Tokushiro T, *et al.* Development and characterisation of microsatellite loci in *Farfugium japonicum* (Asteraceae) [J]. *Technical Note*, 2009, 10: 1093-1095.
- [18] Hajime N, Yoshiaki T, Yoshihiko M, *et al.* New furanoeremophilane derivatives from *Farfugium japonicum* Kitamura [J]. *Bull Chem Soc Jpn*, 1973, 46: 2840-2845.
- [19] Hajime N, Yoshihiko M, Yoshiaki T, *et al.* New benzo-furanosquiterpenes from *Farfugium japonicum*. Farfugin A and farfugin B [J]. *Bull Chem Soc Jpn*, 1974, 47(8): 1994-1998.
- [20] Hajime N, Takeyoshi T. 3 β -Angeloyloxy-10 β -hydroxy-9 β -seneciolyloxy-furanoeremophilane and 3 β -angeloyloxy-10 β -hydroxylfuranoeremophilane. New furanoeremophilane derivatives from *Farfugium japonicum* Kitamura [J]. *Bull Chem Soc Jpn*, 1978, 51(11): 3335-3340.
- [21] Ito K, Iida T, Takeichi C. Study on the ingredients of *Farfugium japonicum* (L. F.) Kitamura var. *formosanum* (Hay) Kitamura—Structure of new furanosquiterpenes, farformolide A and B [J]. *Yakugaku Zasshi*, 1978, 98: 1592-1596.
- [22] Ito K, Iida T, Funatani T. Study on the ingredients of gigantic type of *Farfugium japonicum* (L.) Kitam. isolation of 8-*epi*-eremophilanolides [J]. *Yakugaku Zasshi*, 1979, 99: 349-353.
- [23] Ito K, Iida T, Funatani T. Study on the ingredients of *Farfugium japonicum* (L.) Kitam var. *luchuense* (Masam) Kitam and *Farfugium japonicum* (L.) Kitam. (ishigakijima type) [J]. *Yakugaku Zasshi*, 1980, 100: 69-71.
- [24] 谢菰斐. 台湾山菊化学成分及生物活性之研究 [D]. 台湾: 高雄医学大学天然药物研究所, 1992.
- [25] Hsieh T J, Lu L H, Su C C. NMR spectroscopic, mass spectroscopic, X-ray crystallographic, and theoretical studies of molecular mechanics of natural products: farformolide B and sesamin [J]. *Biophys Chem*, 2005, 114: 13-20.
- [26] Tozaburo K, Shigenori S. Studies on the constituents of *Farfugium japonicum* (L.) Kitam. IV. on the components of the rhizome and the leaves [J]. *Yakugaku Zasshi*, 1981, 101(1): 35-39.
- [27] Motoo T, Yasuko S, Masami T, *et al.* Eremofarfugin A and eremopetasitenin B₃, two new eremophilanolides from *Farfugium japonicum* [J]. *Tetrahedron Lett*, 2000, 41: 1797-1799.
- [28] Motoo T, Kanako O, Hiroko F, *et al.* New eremophilanes from *Farfugium japonicum* [J]. *Tetrahedron*, 2010, 66: 5235-5243.
- [29] Shen T, Yang X, Wang X R, *et al.* Eremophilane sesquiterpenoids from *Farfugium japonicum* [J]. *Bull Korean Chem Soc*, 2011, 32(1): 350-352.
- [30] Furuya T, Murakami K, Hikichi M. Senkirkine, a pyrrolizidine alkaloid from *Farfugium japonicum* [J]. *Phytochemistry*, 1971, 10(12): 3306-3307.
- [31] Haruki N, Hiroyuki I, Akio K, *et al.* Farfugine, a new pyrrolizidine alkaloid isolated from *Farfugium japonicum* Kitam. [J]. *Chem Lett*, 1983, 12(5): 789-790.
- [32] 王 宫. 一种使用大吴风草治疗黄疸型肝炎的药物及方法 [P]. 中国专利: CN 101278960A, 2008-04-30.
- [33] Kim D I, Park J D, Kim S G, *et al.* Screening of some crude plant extracts for their acaricidal and insecticidal efficacies [J]. *J Asia-Pacific Entomol*, 2005, 8(1): 93-100.
- [34] 檀爱民, 王峥涛, 洪 鑫, 等. 网脉橐吾的化学成分研究 [J]. 中国药科大学学报, 2002, 33(2): 104-106.
- [35] 李二伟, 高 坤, 贾忠建. 太白山橐吾中一个新的豆甾醇和一个新的艾里莫芬内酯 [J]. 有机化学, 2003, 23: 445.
- [36] 刘建群, 张朝凤, 王峥涛, 等. 宽舌橐吾的化学成分研究 (II) [J]. 中国天然药物, 2005, 3(6): 340-343.
- [37] 刘建群, 张朝凤, 张 勉, 等. 宽舌橐吾的化学成分研究 [J]. 中国药科大学学报, 2005, 36(2): 114-117.
- [38] Zhang M, Zhang C F, Wang Z T. The chemical constituents of *Ligularia pleurocaulis* [J]. *Acta Pharm Sin*, 2005, 40(6): 529-532.
- [39] 沈 彤, 李平林, 袁呈山, 等. 大叶橐吾中三个新的艾里莫芬型倍半萜 [J]. 化学学报, 2007, 65(16): 1638-1642.
- [40] 陈宏明, 李树春, 葛泽梅, 等. 橐吾属植物中生物活性成分的研究 [J]. 合成化学, 1997, 5(A10): 378.
- [41] 施树云, 赵 昱, 张宇平, 等. 黑紫橐吾化学成分的分离与鉴定 [J]. 高等学校化学学报, 2008, 29(5): 941-943.
- [42] Motoo T, Kaori H, Hiromi N, *et al.* Chemical constituents of *Ligularia virgaurea* and its diversity in southwestern Sichuan of China [J]. *Tetrahedron*, 2006, 62: 4988-4995.
- [43] 严春艳, 于荣敏, 吕华冲, 等. 烟草悬浮培养细胞对呋喃橐吾酮的生物转化研究 [J]. 中草药, 2008, 39(6): 913-916.
- [44] Novotny L, Toman J, Herout V. Terpenoids of the *Petasites paradoxus* and *Petasites kablikianus* in relation

- to their phylogeny [J]. *Phytochemistry*, 1968, 7: 1349-1353.
- [45] Naya K, Nakagawa M, Hayashi M, *et al.* The constituents of *Petasites japonicas* Maxim. rhizomes [J]. *Tetrahedron Lett*, 1971, 31: 2961-2964.
- [46] Antonio G, Francesco P. Furanoeremophilanes from *Petasites niveus*: high solvolytic reactivity at the C-6 β position bearing an α , β -unsaturated ester group [J]. *Phytochemistry*, 1982, 21(12): 2887-2891.
- [47] Ko S, Kon H, Hiroshi M. Eremophilenolides from *Petasites japonicas* [J]. *Phytochemistry*, 1985, 24(7): 1531-1535.
- [48] Motoo T, Makiko K, Masakazu S. Novel epoxyeremophilanolides, eremopetasitenins A1, A2, B1, and B2, from *Petasites japonicas* [J]. *Tetrahedron Lett*, 1997, 38(11): 1965-1968.
- [49] Peter S, Markus N. Sesquiterpenes from *Petasites hybridus* (*Furanopetasin chemovar*): Separation, isolation and quantitation of compounds from fresh plant extracts [J]. *Pharm Acta Helv*, 1997, 72: 57-67.
- [50] Motoo T, Makiko K, Masakazu S. Eremophilane-type sesquiterpenes from fresh rhizomes of *Petasites japonicas* [J]. *Phytochemistry*, 1998, 47(3): 401-409.
- [51] Wu T S, Kao M S, Wu P L, *et al.* Antiplatelet principles from the root of *Petasites formosanus* [J]. *Phytochemistry*, 1999, 52: 901-905.
- [52] Lin C H, Li C Y, Kuoh C S, *et al.* Constituents of the leaves of *Petasites formosanus* and their antioxidative activity [J]. *Heterocycles*, 2003, 60(8): 1881-1889.
- [53] 王玉亮, 郭美丽, 张戈, 等. 毛裂蜂斗菜根茎的化学成分及抗炎活性 [J]. 第二军医大学学报, 2006, 27(11): 1210-1213.
- [54] Antje B, Olaf K, Ernst H, *et al.* New eremophilane sesquiterpenes from a rhizome extract of *Petasites hybridus* [J]. *Helv Chim Acta*, 2007, 90: 183-195.
- [55] Zhang N, Guo M L, Zhang G, *et al.* A new neuroprotective bakkenolide from the rhizome of *Petasites tricholobus* [J]. *Chin Chem Lett*, 2008, 19: 841-844.
- [56] Xie W D, Rui J L, Xue G, *et al.* Bakkenolides from *Petasites tatewakianus* [J]. *Fitoterapia*, 2010, 81: 153-156.
- [57] 李余先, 王燕, 郭美丽. 蜂斗菜的化学成分研究 [J]. 第二军医大学学报, 2010, 31(7): 779-781.
- [58] Sun Z L, Gao G L, Luo J Y, *et al.* A new neuroprotective bakkenolide from the rhizome of *Peatasites tatewakianus* [J]. *Fitoterapia*, 2011, 82: 401-404.
- [59] 张福金. 毛裂蜂斗菜中蜂斗菜总内酯的制备及生物活性研究 [D]. 上海: 第二军医大学药学院, 2009.