

甘遂化学成分、药理作用研究进展及质量标志物（Q-Marker）预测

廖海涛¹, 龙淑川¹, 李嘉豪¹, 蓝 丹¹, 何思巧¹, 王维生¹, 甄丹丹^{1*}, 丘 琴^{1, 2, 3, 4*}

1. 广西中医药大学, 广西 南宁 530200

2. 广西壮瑶药重点实验室/壮瑶药材开发及产业化广西高校工程研究中心, 广西 南宁 530200

3. 广西高校中药提取纯化与质量分析重点实验室, 广西 南宁 530200

4. 壮瑶药协同创新中心/广西壮族自治区民族药资源与应用工程研究中心, 广西 南宁 530200

摘 要: 甘遂 *Euphorbia kansui* 为大戟科大戟属植物, 是传统峻下逐水药, 具有泻水逐饮, 消肿散结的功效, 素有“泻水之圣药”之称, 但其药性峻猛, 兼具药效与毒性。现代研究表明, 甘遂主要含萜类和甾醇类等 200 余种化学成分, 以巨大戟烷型、假白榄烷型二萜以及大戟烷型、甘遂烷型三萜为主要特征成分, 表现出显著的抗肿瘤、抗病毒、抗炎、免疫调节及神经保护等多种药理活性。系统梳理甘遂萜类、甾醇类及其他类化合物的结构特点, 总结其主要药理作用、作用机制与临床应用概况; 在此基础上, 结合中医药理论, 遵循质量标志物 (Q-Marker) 核心概念, 预测大戟二烯醇、甘遂萜酯 A、甘遂萜酯 B 等可作为甘遂潜在 Q-Marker, 以期甘遂药效物质阐释、临床安全用药、质量控制及新药研发提供参考。

关键词: 甘遂; 质量标志物; 抗肿瘤; 抗炎; 大戟二烯醇; 甘遂萜酯 A; 甘遂萜酯 B

中图分类号: R285.5

文献标志码: A

文章编号: 1674-6376(2026)09-3336-13

DOI:10.7501/j.issn.1674-6376.2026.09.030

Research progress on chemical composition, pharmacological effects and quality markers (Q-Marker) prediction of *Euphorbia kansui*

LIAO Haitao¹, LONG Shuchuan¹, LI Jiahao¹, LAN Dan¹, HE Siqiao¹, WANG Weisheng¹, ZHEN Dandan¹, QIU Qin^{1, 2, 3, 4}

1. Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning 530200, China

2. Guangxi University Engineering Research Center for the Development and Industrialization of Zhuang and Yao Medicinal Materials, Guangxi Key Laboratory of Zhuang and Yao Medicine, Nanning 530200, China

3. Key Laboratory of Extraction, Purification and Quality Analysis of Traditional Chinese Medicine in Guangxi Colleges and Universities, Nanning 530200, China

4. Guangxi Zhuang Autonomous Region Engineering Research Center for Ethnic Medicine Resources and Applications, Collaborative Innovation Center of Zhuang and Yao Medicine, Nanning 530200, China

Abstract: *Euphorbia kansui* is a plant belonging to the Euphorbiaceae family and the *Euphorbia* genus. It is a traditional purgative and diuretic drug with the functions of expelling water, eliminating fluid retention, reducing swelling, and dispersing nodules. It is also known as the “sacred medicine for expelling water”. However, its medicinal properties are extremely potent, combining both therapeutic effects and toxicity. Modern research has shown that *E. kansui* mainly contains over 200 chemical components, including terpenoids and sterols, with the ingenane-type and jatrophane-type diterpenoids, and euphane-type and tirucallane-type triterpenoids as the main characteristic components. These exhibit significant pharmacological activities such as anti-tumor, anti-viral, anti-inflammatory, immune regulation, and neuroprotection. This paper systematically reviews the structural characteristics of terpenoids, sterols, and other compounds in *E. kansui*,

收稿日期: 2026-03-07

基金项目: 广西壮瑶药重点实验室能力建设项目 (桂科 LT2600640036); 壮瑶药材开发及产业化广西高校工程研究中心 (桂教科研 (2024) 10 号); 国家中医药管理局高水平中医药重点学科建设项目-少数民族药学 (壮药学) (zyzdxk-2023165); 广西壮族自治区民族药资源与应用工程研究中心 (桂发改高技函[2020]2605 号); 广西中医药重点学科壮药学 (GZXK-Z-20-64)、广西一流学科中药学 (民族药学) (桂教科研[2018]12 号), 国家自然科学基金资助项目 (82060713)

作者简介: 廖海涛 (2002—), 硕士研究生, 研究方向为药物分析。E-mail: 2931619926@qq.com

***通信作者:** 丘 琴 (1982—), 教授, 博士生导师, 研究方向为药物成分及质量评价。E-mail: 39446404@qq.com

甄丹丹 (1983—), 助理研究员, 主要从事中药药效物质研究。E-mail: 413523094@qq.com

summarizes its main pharmacological effects, mechanism of action, and clinical application overview; on this basis, in accordance with traditional Chinese medicine theory, following the core concept of quality markers (Q-Markers), it predicts that euphol; kansuine A; kansuine B, etc., could serve as potential Q-Markers of *E. kansui*, with the aim of providing references for the elucidation of the pharmacological substances of *E. kansui*, clinical safe medication, quality control, and new drug development.

Key words: *Euphorbia kansui* T. N. Liou ex T. P. Wang; quality markers; anti-tumor; anti-inflammatory; euphol; kansuine A; kansuine B

甘遂 *Euphorbia kansui* T. N. Liou ex T. P. Wang 为大戟科大戟属药用植物, 始载于我国现存最早的药学专著《神农本草经》, 被列为下品, 书中记载其“主下五水, 散膀胱留热, 皮中痞, 热气肿满”^[1]。《药性论》、《本草纲目》等历代主流本草典籍均有记载。中医理论表明, 甘遂性寒、味苦、有毒, 归肺、肾、大肠经, 具有峻猛的泻水逐饮、消肿散结功效, 临床多用于治疗胸腹积水、水肿胀满、痰饮咳喘、二便不通等病症^[2]。但因其药性峻烈、不良反应较为突出, 临床应用需谨慎, 临床常通过醋炙等炮制方法缓和药性、消减药物毒性^[3]。

现代药理学研究证实, 甘遂具有广泛的生物活性, 主要包括抗肿瘤^[4]、抗人类免疫缺陷病毒(HIV)及流感病毒等抗病毒作用^[5-6]、抗炎^[7]、免疫调节^[8]、抗生育^[9], 以及抗抑郁活性^[10]。甘遂的上述生物活性主要依托其结构特异的萜类化合物实现, 核心活性成分为巨大戟烷型、假白榄烷型二萜, 以及大戟烷型、甘遂烷型三萜类成分。伴随天然产物分离技术与药理活性筛选体系的不断发展, 国内外学者对甘遂化学成分的研究不断深入, 相继发现多种新颖骨架和高活性分子, 为阐释甘遂的药效物质基础与毒性作用机制、指导临床合理用药、推动甘遂相关创新药物研发奠定了重要基础。

质量标志物(Q-Marker)是近年中药质量控制领域的核心概念, 该理论明确中药质量控制指标成分需与药材功效、用药安全性紧密相关, 同时具备良好的特异性与可测性^[11-12]。甘遂药效显著且兼具毒性, 精准筛选并确定其 Q-Marker, 对保障其临床用药安全、有效、可控具有重要意义。本文系统梳理甘遂化学成分、药理活性及临床应用的相关研究进展, 结合中医药基础理论对甘遂的 Q-Marker 进行预测, 以期对甘遂的深入研究和标准化发展提供参考。

1 化学成分

迄今为止, 已从甘遂中分离鉴定出超 200 种化合物, 主要为萜类和甾醇类, 此外还包括少量黄酮、

香豆素、脂肪酸等。其中二萜类和三萜类化合物种类多, 含量高, 是甘遂发挥药效的主要成分。

1.1 二萜类

甘遂中的二萜主要为巨大戟烷型和假白榄烷型, 是其发挥抗肿瘤、抗病毒等强效生物活性的主要物质基础, 也是其毒性的主要来源。

1.1.1 巨大戟烷型二萜 该类二萜具有独特的 5/7/7/3 四环骨架, 多为巨大戟二萜醇的衍生物。其结构特点是 C-8 和 C-10 通过 C-9 羰基桥连; C-3、C-4、C-5 位常被羟基或不同长度和类型的酰基取代。代表性化合物见表 1。

1.1.2 假白榄烷型二萜 该类二萜具有 5/12 元双环核心骨架, 整体结构氧化程度较高。C-6/C-17 与 C-11/C-12 位点常形成双键, 也可被氧化生成环氧结构; C-9 和 C-14 位易氧化形成羰基。该类化合物取代基类型丰富, 常见苯甲酰基、乙酰基、烟酰基等取代基^[5]。代表性化合物见表 2。

1.1.3 其他类型二萜 除上述 2 类外, 还分离得到少量其他类型的二萜, 如千金子烷型 kansuingol A、B^[25], 以及拥有新颖 5/6/7/3 环骨架的 euphorikanin A^[26]。

1.2 三萜类

三萜类化合物主要包括大戟烷型、甘遂烷型、羊毛甾烷型和达玛烷型四环三萜, 以及少量五环三萜。

1.2.1 大戟烷型与甘遂烷型三萜 这 2 类三萜骨架相似, 其主要区别在于 C-20 位侧链的立体构型: 大戟烷型为 α 取向, 甘遂烷型为 β 取向。代表性化合物如大戟二烯醇、表大戟二烯醇、甘遂酮等, 该类成分常在 C-7、C-8 等位置发生氧化或形成双键^[15,27]。代表性化合物见表 3。

1.2.2 其他类型三萜 达玛烷型(如达玛二烯醇^[10])、羊毛甾烷型(如羊毛甾-8-烯-3 β -醇^[14])、齐墩果烷型(如齐墩果酸^[28])和乌索烷型(如熊果酸^[28])等三萜。

1.3 甾醇类

从甘遂中还分离得到多种甾醇类化合物, 如 β -谷甾醇、豆甾醇、胡萝卜苷等, 以及一些结构独特

表 1 甘遂中的巨大戟烷型二萜类化合物

Table 1 Ingenane-type diterpenoids from *E. kansui*

编号	化合物名称	分子式	编号	化合物名称	分子式
1	甘遂大戟素A ^[5]	C ₃₀ H ₄₈ O ₃	17	3- <i>E</i> -(2' <i>E</i> ,4' <i>Z</i> -癸二烯酰基)-20-去氧巨大戟醇 ^[17]	C ₃₀ H ₄₂ O ₅
2	甘遂大戟素B ^[5]	C ₃₀ H ₄₈ O ₂	18	3- <i>E</i> -(2' <i>E</i> ,4' <i>E</i> -癸二烯酰基)-20-去氧巨大戟醇 ^[17]	C ₃₀ H ₄₂ O ₅
3	甘遂大戟酯A ^[13]	C ₅₄ H ₉₀ O ₉	19	3- <i>E</i> -(2,3-二甲基丁酰基)-13- <i>E</i> -十二烷酰基-20- <i>E</i> -乙酰基巨大戟醇 ^[17]	C ₄₀ H ₆₂ O ₉
4	甘遂大戟酯B ^[13]	C ₅₄ H ₉₀ O ₁₀	20	3- <i>E</i> -(2,3-二甲基丁酰基)-13- <i>E</i> -十二烷酰基-20- 去氧巨大戟醇 ^[17]	C ₃₈ H ₆₀ O ₇
5	甘遂大戟酯C ^[14]	C ₂₉ H ₃₄ O ₆	21	3- <i>E</i> -(2' <i>E</i> ,4' <i>Z</i> -癸二烯酰基)巨大戟二萜醇 ^[17]	C ₃₀ H ₄₂ O ₆
6	甘遂大戟酯D ^[15]	C ₂₉ H ₃₄ O ₆	22	3- <i>E</i> -(2,3-二甲基丁酰基)-13- <i>E</i> - 十二烷酰基巨大戟醇 ^[17]	C ₃₈ H ₆₀ O ₈
7	巨大戟醇 ^[16]	C ₂₀ H ₂₈ O ₅	23	3- <i>E</i> -苯甲酰基-13- <i>E</i> -十二烷酰基巨大戟醇 ^[17]	C ₃₉ H ₅₄ O ₈
8	20-去氧巨大戟醇 ^[14]	C ₂₀ H ₂₈ O ₄	24	20- <i>E</i> -苯甲酰基-13- <i>E</i> -十二烷酰基巨大戟醇 ^[17]	C ₃₉ H ₅₄ O ₈
9	3- <i>E</i> -苯甲酰基-20-去氧巨大戟醇 ^[14]	C ₂₇ H ₃₂ O ₅	25	甘遂大戟烷 ^[18]	C ₃₆ H ₅₄ O ₉
10	5- <i>E</i> -苯甲酰基-20-去氧巨大戟醇 ^[14]	C ₂₇ H ₃₂ O ₅	26	甘遂大戟醇A ^[5]	C ₂₉ H ₃₄ O ₇
11	3- <i>E</i> -(2' <i>E</i> ,4' <i>E</i> -癸二烯酰基)巨大戟二萜醇 ^[17]	C ₃₀ H ₄₂ O ₆	27	甘遂大戟醇B ^[5]	C ₂₀ H ₂₈ O ₅
12	3- <i>E</i> -(2' <i>E</i> ,4' <i>Z</i> -癸二烯酰基)-5- <i>E</i> - 乙酰基巨大戟醇 ^[17]	C ₃₂ H ₄₄ O ₇	28	20- <i>E</i> -(2' <i>E</i> ,4' <i>E</i> -癸二烯酰基)巨大戟醇 ^[10]	C ₃₀ H ₄₂ O ₆
13	3- <i>E</i> -(2' <i>E</i> ,4' <i>Z</i> -癸二烯酰基)-20- <i>E</i> - 乙酰基巨大戟醇 ^[17]	C ₃₂ H ₄₄ O ₇	29	20- <i>E</i> -(2' <i>E</i> ,4' <i>Z</i> -癸二烯酰基)巨大戟醇 ^[10]	C ₃₀ H ₄₂ O ₆
14	3- <i>E</i> -(2' <i>E</i> ,4' <i>E</i> -癸二烯酰基)-20- <i>E</i> - 乙酰基巨大戟醇 ^[17]	C ₃₂ H ₄₄ O ₇	30	甘遂巨大戟醇A ^[19]	C ₂₇ H ₃₄ O ₇
15	20- <i>E</i> -癸酰基巨大戟醇 ^[17]	C ₃₀ H ₄₆ O ₆	31	甘遂巨大戟醇B ^[19]	C ₂₉ H ₃₆ O ₈
16	5- <i>E</i> -(2' <i>E</i> ,4' <i>E</i> -癸二烯酰基)巨大戟醇 ^[17]	C ₃₀ H ₄₂ O ₆	32	甘遂巨大戟醇C ^[19]	C ₂₇ H ₃₄ O ₈

表 2 甘遂中的假白榄烷型二萜代表性化合物

Table 2 Representative jatrophone-type diterpenoids from *E. kansui*

编号	化合物名称	分子式	编号	化合物名称	分子式
33	甘遂萜酯A ^[20]	C ₃₇ H ₄₆ O ₁₅	45	甘遂大戟萜A ^[5]	C ₃₅ H ₄₂ O ₁₂
34	甘遂萜酯B ^[20]	C ₃₈ H ₄₂ O ₁₄	46	甘遂大戟萜B ^[5]	C ₃₃ H ₄₀ O ₁₂
35	甘遂萜酯C ^[21]	C ₃₈ H ₄₂ O ₁₄	47	甘遂大戟萜C ^[5]	C ₄₀ H ₄₄ O ₁₃
36	甘遂萜酯D ^[21]	C ₄₁ H ₄₇ NO ₁₅	48	甘遂大戟萜D ^[5]	C ₄₂ H ₄₆ O ₁₄
37	甘遂萜酯E ^[21]	C ₄₁ H ₄₇ NO ₁₄	49	甘遂大戟萜E ^[5]	C ₃₇ H ₄₆ O ₁₃
38	甘遂萜酯F ^[22]	C ₄₂ H ₄₈ O ₁₄	50	甘遂大戟萜F ^[5]	C ₄₂ H ₄₈ O ₁₃
39	甘遂萜酯G ^[22]	C ₃₄ H ₄₃ NO ₁₂	51	甘遂大戟萜G ^[5]	C ₄₂ H ₄₈ O ₁₃
40	甘遂萜酯H ^[22]	C ₃₇ H ₄₆ O ₁₆	52	甘遂大戟萜H ^[5]	C ₄₀ H ₄₄ O ₁₅
41	甘遂萜酯J ^[23]	C ₃₅ H ₅₀ O ₁₅	53	甘遂麻风树醇A ^[19]	C ₃₆ H ₄₂ O ₁₄
42	甘遂萜酯P ^[4]	C ₃₆ H ₄₅ NO ₁₅	54	甘遂麻风树醇B ^[19]	C ₃₄ H ₄₅ NO ₁₃
43	甘遂萜酯Q ^[4]	C ₃₆ H ₄₅ NO ₁₅	55	甘遂麻风树醇C ^[19]	C ₄₈ H ₄₈ O ₁₇
44	大戟酮A ^[24]	C ₃₈ H ₄₂ O ₁₂	56	甘遂麻风树醇D ^[19]	C ₅₈ H ₅₄ O ₂₀

的 C-21 甾体糖苷^[37]。代表性化合物见表 4。

1.4 其他成分

甘遂中还含有少量黄酮类（如 2',4',7-三羟基异黄酮^[40]）、香豆素类（如 6-羟基-7-甲氧基香豆素^[5]）、脂肪酸类（如亚油酸^[38]）、生物碱、糖类等成分。这些成分可能在整体药效中发挥协同作用。代表性化合物见表 5。

2 药理作用

2.1 抗肿瘤活性

大戟烷型二萜化合物甘遂大戟萜酯 A 与甘遂大戟萜酯 B 具有强效且具有选择性的抗白血病活性。在体内抗白血病活性研究中，Wu 等^[12]以治疗组与对照组小鼠生存时间比（T/C）值为核心评价指标开展实验。结果表明，在 0.1、0.5 mg·kg⁻¹ 剂量条

表 3 甘遂中的三萜代表性化合物

Table 3 Representative triterpenoids from *E. kansui*

编号	化合物名称	分子式	编号	化合物名称	分子式
57	大戟二烯醇 ^[27]	C ₃₀ H ₅₀ O	71	大戟醇 ^[31]	C ₃₀ H ₅₀ O
58	甘遂酮 ^[17]	C ₃₀ H ₄₈ O ₂	72	11-氧代甘遂酮醇 ^[17]	C ₃₀ H ₄₆ O ₄
59	熊果酸 ^[28]	C ₃₀ H ₄₂ O ₃	73	甘遂烷-8,24-二烯-3β,11β-二醇-7-酮 ^[32]	C ₃₀ H ₄₈ O ₃
60	齐墩果酸 ^[28]	C ₃₀ H ₄₂ O ₃	74	甘遂-8,24-二烯-3β,11β-二醇-7-酮 ^[32]	C ₃₀ H ₄₈ O ₃
61	甘遂酮A ^[29]	C ₃₈ H ₄₂ O ₁₃	75	甘遂烯酮 ^[33]	C ₃₀ H ₅₀ O ₃
62	甘遂酮B ^[29]	C ₄₀ H ₄₄ O ₁₄	76	α-香树脂醇 ^[28]	C ₃₀ H ₄₄ O
63	甘遂酮醇 ^[17]	C ₃₀ H ₄₈ O ₃	77	β-香树脂醇 ^[28]	C ₃₀ H ₄₄ O
64	表甘遂酮 ^[17]	C ₃₀ H ₄₈ O ₂	78	β-香树脂醇乙酸酯 ^[34]	C ₃₂ H ₄₆ O ₂
65	甘遂醇 ^[17]	C ₃₀ H ₄₈ O ₂	79	齐墩果-12-烯-3-十二烷酸酯 ^[35]	C ₄₀ H ₆₈ O ₂
66	(20 <i>R</i> ,23 <i>E</i>)-甘遂-8,23-二烯-3β,25-二醇 ^[30]	C ₃₀ H ₅₀ O ₂	80	3-乙酰基-齐墩果-11,13(18)-二烯 ^[35]	C ₃₀ H ₅₀ O ₂
67	表大戟二烯醇 ^[15]	C ₃₀ H ₅₀ O	81	(3β,11β)-3,11-二羟基羊毛甾-8,24-二烯-7-酮 ^[18]	C ₃₀ H ₅₀ O ₃
68	表甘遂酮 ^[15]	C ₃₀ H ₄₈ O ₂	82	羊毛甾-8-烯-3β-醇 ^[34]	C ₃₀ H ₅₄ O
69	甘遂烷-3β,20-二羟基-24-烯 ^[10]	C ₃₁ H ₅₄ O ₂	83	3β,20(<i>R</i>)-二羟基达玛-24-亚甲基 ^[36]	C ₃₁ H ₅₄ O ₂
70	(24 <i>R</i>)-甘遂-8,25-二烯-3β,24-二醇 ^[10]	C ₃₀ H ₅₀ O ₂			

表 4 甘遂中的甾醇代表性化合物

Table 4 Representative sterols from *E. kansui*

编号	化合物名称	分子式
84	β-谷甾醇 ^[38]	C ₂₉ H ₅₀ O
85	胡萝卜苷 ^[38]	C ₃₅ H ₆₀ O ₆
86	7β-羟基谷甾醇 ^[38]	C ₂₉ H ₅₀ O ₂
87	7α-羟基谷甾醇 ^[38]	C ₂₉ H ₅₀ O ₂
88	告达亨 ^[37]	C ₂₈ H ₄₂ O ₇
89	开德昔元 ^[37]	C ₃₀ H ₃₈ O ₇
90	β-谷甾醇-3- <i>O</i> -6-硬脂酰基-β- <i>D</i> -吡喃葡萄糖苷 ^[39]	C ₃₅ H ₆₀ O ₆
91	豆甾醇-β- <i>D</i> -葡萄糖苷 ^[39]	C ₃₅ H ₅₈ O ₆

件下,甘遂大戟萜酯 A、甘遂大戟萜酯 B 的 T/C 值分别不低于 176%、177%,显著高于美国国家癌症研究所(NCI)规定的 T/C≥125%的活性判定标准,证实 2 种化合物具备优异的体内抗白血病活性。在体外细胞毒活性评价中,基于 NCI 疾病导向型人癌细胞株模型的实验数据显示,甘遂大戟萜酯 A 对多种人肿瘤细胞株具有选择性杀伤作用,对白血病 HL-60 TB、K-562 细胞的半数抑制浓度(IC₅₀)均为 0.03 μg·mL⁻¹,对肾癌 A-498 细胞、黑色素瘤 RPMI-7951 细胞的 IC₅₀ 分别低至 0.02、0.05 μg·mL⁻¹;但该化合物对 P388/ADR、MCF-7/ADR 等多药耐药肿瘤

表 5 甘遂中其他代表化合物

Table 5 Representative other constituents from *E. kansui*

编号	化合物名称	分子式	编号	化合物名称	分子式
92	2',4',7-三羟基异黄酮 ^[40]	C ₁₅ H ₁₀ O ₅	104	麦芽酚 ^[39]	C ₆ H ₆ O ₃
93	2',4'-二羟基-6'-甲氧基-3'-甲基查尔酮 ^[28]	C ₁₇ H ₁₆ O ₄	105	单棕榈酸甘油酯 ^[39]	C ₁₉ H ₃₈ O ₄
94	2',4'-二羟基-6'-甲氧基-3',5'-二甲基查尔酮 ^[28]	C ₁₈ H ₁₈ O ₄	106	5-羟基麦芽酚 ^[39]	C ₇ H ₈ O ₃
95	6-羟基-7-甲氧基香豆素 ^[14]	C ₁₀ H ₈ O ₄	107	琥珀酸 ^[39]	C ₄ H ₆ O ₄
96	东莨菪内酯 ^[6]	C ₁₀ H ₈ O ₄	108	尿嘧啶 ^[39]	C ₄ H ₄ N ₂ O ₂
97	棕榈酸 ^[14]	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	109	蔗糖 ^[39]	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁
98	角鲨 ^[35]	C ₃₀ H ₅₀	110	β- <i>D</i> -果糖 ^[39]	C ₆ H ₁₂ O ₆
99	阿魏酸二十八酯 ^[14]	C ₃₈ H ₆₆ O ₄	111	白桦脂酸 ^[36]	C ₃₀ H ₄₈ O ₃
100	亚油酸 ^[14]	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	112	鹅绒藤酮A ^[41]	C ₁₆ H ₁₄ O ₆
101	腺苷 ^[40]	C ₁₀ H ₁₃ N ₅ O ₄	113	5-羟甲基糠醛 ^[41]	C ₆ H ₆ O ₃
102	羟基酪醇 ^[40]	C ₈ H ₁₀ O ₃	124	环桉烯醇 ^[42]	C ₃₀ H ₅₀ O
103	大黄素 ^[40]	C ₁₅ H ₁₀ O ₅	125	邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯 ^[43]	C ₁₆ H ₂₂ O ₄

株及部分实体瘤细胞无明显抑制效果, 呈现出良好的肿瘤作用选择性^[13]。机制研究表明, 甘遂大戟萜酯 A、B 的 C-20 位十六烷酸酯化修饰可改变其生物活性功能, 使其由蛋白激酶 C (PKC) 激活剂转化为 PKC 抑制剂, 在有效保留抗白血病活性的同时, 消除了原有促癌风险。

甘遂醇提物中的萜类馏分对人实体瘤细胞具有显著的增殖抑制作用。Hou 等^[4]从甘遂醇提物中分离得到 25 个萜类化合物, 其中馏分 2、3 对 MDA-MB-435、Colo205 肿瘤细胞均表现出显著的浓度相关性增殖抑制效应。2 种馏分作用于 MDA-MB-435 细胞的 IC₅₀ 分别为 0.009、0.003 μg·mL⁻¹, 作用于 Colo205 细胞的 IC₅₀ 分别为 0.144、0.056 μg·mL⁻¹。萜类化合物的抗肿瘤增殖活性与其分子结构特征密切相关。Wang 等^[44]通过主成分分析 (PCA), 对该类化合物的分子描述符与 pIC₅₀ (IC₅₀ 的负对数) 进行关联性分析, 明确了化合物最高占据分子轨道能量越高、绝对硬度越低、正电荷溶剂可及表面积越小, 其抗肿瘤增殖活性越强。该结果提示, 甘遂萜类化合物可能通过调控电子转移、结合肿瘤细胞 DNA 的方式, 发挥细胞毒性作用。

Yu 等^[45]以人胃癌 SGC-7901 细胞为研究模型发现, 11,13-eicosadienoic acid methyl ester 等 6 种甘遂来源甲基脂类成分可破坏细胞膜完整性, 使肿瘤细胞停滞于 G₁ 期, 并引发 DNA 降解及核内 DNA 片段化, 从而激活凋亡通路。

Wang 等^[27]以细胞分裂抑制率作为评价指标, 对甘遂醇提物中分离得到的三萜类成分开展活性评价, 结果显示该类成分对非洲爪蟾囊胚期单细胞体外培养模型的细胞分裂抑制率均高于 50%; 同等浓度条件下, 阳性对照药 5-氟尿嘧啶的抑制率为 47%。推测该类三萜化合物可通过干扰细胞 M 期进程发挥细胞分裂抑制效应, 提示其具有潜在的抗增殖及抗肿瘤活性。

2.2 抗病毒活性

甘遂的二萜类成分具备突出的抗病毒活性。王思懿^[5]研究发现假白榄烷型二萜甘遂萜酯 E 对 H1N1 流感病毒具有显著的抑制活性, IC₅₀ 为 (2.31 ± 0.84) μmol·L⁻¹、半数细胞毒性浓度 (CC₅₀) > 30 μg·mL⁻¹, 为开发新型抗流感药物提供了物质基础。甘遂巨大戟烷型二萜对 HIV-1 的复制与潜伏过程发挥双重调控作用。基于 MT-4 细胞模型评价抗复制活性, 化合物 3-(2-萘甲酰基)巨大戟

醇半数有效浓度 (EC₅₀) 为 1.3 nmol·L⁻¹, 选择性指数 (SI) 高达 6 153; 采用 U1、JLat-A2 潜伏细胞模型进一步验证, 该化合物激活潜伏 HIV-1 的 EC₅₀ 为 2.4 nmol·L⁻¹, 且细胞毒性微弱 (CC₅₀ > 2.0 μmol·L⁻¹)。其作用机制与激活蛋白激酶 C (PKC)-核因子 (NF)-κB 信号轴相关: 一方面抑制子代病毒复制, 另一方面清除 HIV-1 潜伏病毒库^[6]。该化合物可与 PKC 激动剂、溴结构域抑制剂 JQ1、组蛋白去乙酰化酶抑制剂 SAHA、DNA 甲基转移酶抑制剂 5-Aza 等潜伏逆转剂, 产生协同作用^[46]。甘遂提取物与 SAHA 或 JQ1 联合干预可将有效剂量降低 10 倍, 协同激活潜伏病毒; 取自接受高效抗反转录病毒治疗抑制患者的人外周血单个核细胞模型进一步证实, 甘遂提取物与 SAHA 联用可使 HIV mRNA 表达中位数上调 9 倍, 提示甘遂提取物具备开发为天然 HIV 潜伏逆转剂的潜力^[47]。

2.3 抗炎活性

甘遂的传统功效“消肿散结”与其抗炎作用密切相关。假白榄烷型 (甘遂萜酯 A、B) 和多种巨大戟烷型二萜在非细胞毒性浓度下, 以浓度相关性方式显著抑制脂多糖 (LPS) 刺激引起的一氧化氮 (NO) 释放, 其 IC₅₀ 在 0.7~46.5 μmol·L⁻¹, 其核心机制在于通过抑制诱导型一氧化氮合酶 (iNOS) 的表达或活性, 减少 NO 的过量产生, 从而发挥潜在的抗炎作用^[29]。Zhang 等^[7]从甘遂根部分离得到的巨大戟烷型二萜类化合物通过抑制 NF-κB 的转录活性, 从而下调多种促炎因子的表达, 其中甘遂大戟烷 A 和 3-O-(2'E,4'E-癸二烯酰基)巨大戟二萜醇能够呈剂量相关性地抑制肿瘤坏死因子-α (TNF-α) 和白细胞介素-6 (IL-6) 的释放, 其作用与阳性药吡咯烷二硫代氨基甲酸盐相比, 差异无统计学意义。

2.4 泻下及利尿作用

泻水逐饮是甘遂最经典的功效。研究表明, 甘遂醇提物能显著促进小鼠肠道蠕动, 加快肠内容物转运, 发挥泻下作用, 其药效物质基础可能是大戟树脂类多种三萜成分构成的混合物^[48]。李慧玉等^[49]通过肾功能及分子机制检测, 甘遂高剂量 (1.2 g·kg⁻¹) 可下调肾脏集合管水通道蛋白 AQP2 的 mRNA 表达, 减少肾小管对水的重吸收, 从而促进排尿; 但该剂量会使血清肌酐水平明显升高, 同时上调炎症因子 TNF-α 的 mRNA 表达。低剂量 (0.3 g·kg⁻¹) 甘遂则呈现相反效应, 可上调 AQP2 表达, 利尿作用减弱。甘遂对肾脏的作用呈现剂量相关性, 其机制涉及水

通道调控与炎症信号通路激活,利尿效应与肾功能相关指标的变化密切相关。有研究采用小鼠小肠推进运动模型(炭末推进法),以墨汁推进率、小肠容积变化为核心指标评价甘遂与醋甘遂的泻下药效,结果显示甘遂醇提物高剂量组墨汁推进率可达 83.1%,并可造成肠道容积膨胀,通过增强肠道蠕动、抑制肠道水分吸收发挥泻下功效^[50]。

2.5 神经保护与抗抑郁活性

Yamaguchi 等^[51]以神经生长因子(NGF)生成细胞系 L-M 细胞为模型,采用酶免疫法检测 NGF 含量、MTT 法评价细胞活力。结果表明,25 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 以下的甘遂萜酯 A 可使 NGF 产量提高 100 倍以上;该化合物高剂量下活性下降与细胞毒性无关,活性显著高于其他化合物,推测其存在独立的负反馈调控机制。袁帅^[10]研究发现,巨大戟烷型(如甘遂大戟萜酯 C)和假白榄烷型二萜(如甘遂萜酯 A、B)对皮质酮诱导的 PC12 神经细胞损伤具有显著的保护作用,能提高细胞存活率、减少乳酸脱氢酶释放,并降低细胞内 Ca^{2+} 浓度,提示该类成分具有潜在抗抑郁活性。上述结果为甘遂治疗情志相关疾病提供科学依据。

2.6 抗生育与引产作用

甘遂注射液可用于中期妊娠及病理性晚期妊娠引产。动物实验以妊娠豚鼠为模型,ip 给药后流产率可达 95%以上;临床研究采用羊膜腔注射方式给予含生药 250 g~500 mg 的制剂,引产成功率达 99.56%~100%,平均流产时间为 28 h 48 min^[52]。大戟二烯醇可被胎儿、羊膜及胎盘组织摄取,造成胎儿中毒死亡;同时诱发蜕膜变性坏死,造成胎盘组织病理及超微结构损伤,并通过改变胎盘组织化学状态,促进内源性前列腺素(PGE)的合成与释放。此外,甘遂注射液可直接兴奋妊娠子宫肌层,进一步增强子宫收缩^[9]。

2.7 杀虫活性

甘遂根部二萜类化合物对日本白蚁、褐飞虱、二斑叶螨具有直接毒杀效果。将不同剂量(每片滤纸 50.0、25.0、12.5 μg)的受试化合物涂布于滤纸片供白蚁取食,分别记录 36、48、60、72 h 处理后的累计死亡率。结果显示,5 种巨大戟烷型二萜杀白蚁活性最强;每片 25 μg 剂量下,多数化合物作用 72 h 即可实现 100%死亡率。其中 3-O-(2,3-二甲基丁酰基)-13-O-十二烷酰基巨大戟醇活性最优,在每片 12.5 μg 作用 72 h,白蚁死亡率仍可达 100%^[53]。

针对褐飞虱,采用微点滴法、喷雾法 2 种施药方式,该类化合物均表现出强效杀虫活性;杀螨活性评价结果表明,3-O-(2,3-二甲基丁酰基)-13-O-十二烷酰基巨大戟醇在 1 000 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 质量浓度下对二斑叶螨致死率为 59%,表现为中等杀螨活性^[33]。

2.8 免疫调节作用

甘遂根部巨大戟烷型二萜化合物能够激活自然杀伤(NK)细胞的 NF- κB 信号通路,显著促进 γ 干扰素($\text{IFN-}\gamma$)分泌,发挥免疫增强效应。在 0.1~10.0 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 各化合物(如甘遂大戟萜酯 A)可剂量相关性诱导 $\text{IFN-}\gamma$ 分泌,同时升高蛋白激酶 D 与 I κB 激酶磷酸化水平,促进 NF- κB 抑制蛋白降解、介导 p65 入核,于转录水平上调 NF- κB 通路活性,通过 NF- κB 信号通路调控 NK 细胞功能^[8]。甘遂根三氯甲烷提取物可剂量相关性降低皮肤厚度、减轻炎症浸润,改善银屑病样病理表型;抑制脾脏及淋巴结中 Th17/Th1 相关细胞因子生成,阻滞树突状细胞活化,且对角质形成细胞无直接作用,提示其抗银屑病作用机制与调控 Th17 细胞分化、调节树突状细胞功能相关^[54]。

3 Q-Marker 的预测分析

Q-Marker 是存在于中药材及中药产品中,与中药功效属性密切相关、可实现定性鉴别与定量测定的化学物质,是中药质量控制的核心指标^[11]。Q-Marker 的预测与确证需遵循基于“质量传递与溯源、成分特异性、成分有效性、成分可测性、复方配伍环境”五原则^[55-56]。

3.1 基于质量传递与溯源

质量传递与溯源强调 Q-Marker 应存在于药材原植物中,并在提取、加工、炮制及制剂过程中维持结构稳定或发生可溯源的规律性化学转化。冯雪梅等^[57]采用 HPLC 法对不同产地、生长年限、采收期甘遂中大戟二烯醇的含量测定与分析,在采集的 18 个批次样品中有 15 批大戟二烯醇含量符合《中国药典》2015 年版法定标准,其中山西产地、2 年生、春季采收的甘遂药材大戟二烯醇含量最高。《中国药典》2025 年版仅收录醋炙法为甘遂的法定炮制方法。沈佳丹^[58]构建了甘遂炮制前后的 HPLC 指纹图谱,分别确定生甘遂 14 个共有峰、醋甘遂 12 个共有峰,2 类样品指纹图谱与对应对照图谱的相似度均大于 0.950。生甘遂与醋甘遂中大戟二烯醇的质量分数分别为 0.249%、0.222%。甘遂经醋炙炮制后指纹图谱特征发生显著变化,大戟二烯醇含量显

著降低。修彦凤等^[59]通过对比控涎丸样品图谱与缺甘遂阴性对照图谱,明确控涎丸中的大戟二烯醇来源于甘遂药材。黄群等^[60]采用 HPLC 法测定十枣汤凝胶膏剂中大戟二烯醇含量,方法学验证各项指标均符合中药成分定量分析要求。Zhang 等^[61]首次基于 UPLC-Q-TOF/MS 技术,结合大鼠血清与尿液代谢组学研究,阐释了醋炙甘遂治疗恶性腹水的作用机制,从醋甘遂中鉴定出包含大戟二烯醇在内的 31 种化合物,明确这类成分治疗恶性腹水的潜在活性物质。刘悦等^[62]应用电喷雾多级串联质谱技术对传统中药甘遂根中的弱极性部分化学成分进行了分析鉴定,发现甘遂萜酯 I、甘遂萜酯 K 2 个新二萜化合物。王立岩^[17]使用溶剂萃取法从甘遂中分离得到甘遂酮醇。崔悦^[63]通过对甘遂半夏汤复方进行 UHPLC-Q/TOF-MS 分析,甘遂中检测到 19 个化合物,其中包括甘遂萜酯 I、甘遂萜酯 K 等 16 个二萜和甘遂酮醇等 3 个三萜。在使用同种技术对大鼠血浆和尿液中的原型和代谢产物进行了研究,结果表明体内吸收的生物活性成分主要含有二萜类、三萜类、黄酮类和单萜苷类,其中来自甘遂的有甘遂萜酯 I、甘遂萜酯 K、甘遂酮醇^[64]。

综上所述,大戟二烯醇具备成熟的检测技术基础与优良的质量表征价值,其含量变化可直观反映产地、生长年限、采收期、炮制工艺等关键因素对甘遂药材质量的影响。同时,大戟二烯醇、甘遂萜酯 I、甘遂萜酯 K、甘遂酮醇在甘遂生品、醋炙品及相关复方制剂中的质量传递特征,以及其与醋甘遂抗恶性腹水药效机制的内在关联,进一步印证了其作为甘遂 Q-Marker 的理论依据。因此,大戟二烯醇、甘遂萜酯 I、甘遂萜酯 K、甘遂酮醇可作为甘遂 Q-Marker 筛选的核心候选成分。后续可进一步围绕大戟二烯醇的体内药动学规律、药效贡献程度及毒性关联机制开展深入研究,系统验证其作为甘遂专属 Q-Marker 的科学性与适用性。

3.2 基于成分特有性

成分特有性是鉴别中药真伪、区分近缘物种的关键。二萜类、三萜类是大戟属植物的特征标志性物质,既是该属植物主要的生理活性物质,也是区别于其他植物类群的关键化学标志物。二萜酯类成分是大戟属植物的共有成分,主要存在于植株的乳状汁液中,主要包括松香烷型、阿替斯烷型、贝壳杉烷型、海松烷型、异海松烷型、巴豆萜烷型、巨大戟烷型、瑞香烷型、千金二萜烷型、假白榄烷型、

西松烷型等骨架构型^[65]。不同大戟属植物的二萜类成分构型存在显著差异,京大戟以阿替斯烷型二萜为主,月腺大戟和狼毒大戟中富含松香烷型二萜,而甘遂主要含有假白榄烷型、巨大戟烷型二萜。其中假白榄烷型是甘遂区别其他属内植物的特异性标志物,以甘遂萜酯系列成分为代表,该类成分发现时间早、在甘遂中含量较高,且在其他大戟属植物中分布极少或存在显著结构差异。例如甘遂萜酯 A 具有独特的笼状结构,在植物化学分类学中具备重要价值^[20]。三萜类成分在大戟属植物中分布广泛,但其药理活性研究较少,目前已知的三萜类化合物化学结构类型主要有环阿尔廷烷型、羊毛脂烷型、大戟烷型、甘遂烷型、齐敦果烷型、乌苏烷型、羽扇豆烷型等,大戟烷型的大戟二烯醇普遍存在于大戟属植物中,甘遂主要含有大戟烷型、甘遂烷型三萜,代表性成分甘遂酮醇结构特征鲜明,可作为区分甘遂与其他大戟属植物的差异性候选成分。

综上,甘遂萜酯 A 和甘遂酮醇兼具显著的结构特异性与物种专属性,可作为区别甘遂与其他近缘植物的重要化学依据。基于成分特有性原则,二者可被优先纳入甘遂 Q-Marker 候选成分体系。后续可通过多产地、多批次样品比对、指纹图谱表征及生物活性验证等试验,进一步明确其在甘遂质量控制、物种精准鉴别中的实际应用价值。

3.3 基于成分有效性

3.3.1 基于传统药性与功效的分析 甘遂味苦,性寒,有毒,归肺、肾、大肠经。《伤寒论》记载:“苦以泄之,甘遂、大戟之苦,以泄水”,说明甘遂的泻下作用与苦味相关。现代药理学研究表明,二萜类成分是甘遂发挥泻下作用的主要成分,其中大戟二萜醇类化合物有皮肤和粘膜刺激作用,与甘遂“有毒”药性相关^[19]。

甘遂的传统药用功效以泻水逐饮与消肿散结为核心。其中,泻水逐饮功效可对应现代药理学中的泻下、利尿作用。Zhang 等^[66]研究证实,甘遂大戟萜酯 C 与甘遂萜酯 A 可通过调控肠道菌群结构改善恶性腹水,具体表现为上调乳酸杆菌丰度、下调螺旋杆菌丰度,并调节机体碳水化合物与氨基酸代谢紊乱。曹艳等^[67]比较甘遂生品与醋炙品提取物对小鼠的肾脏毒性及利尿作用发现,醋制炮制可显著降低甘遂的肾脏毒性,且低剂量醋制甘遂仍具有一定的利尿作用。

传统认知中,甘遂所治之“肿”可对应现代医

学的炎症、水肿,“结”则指机体异常增生的肿瘤、包块组织,由此可知,抗炎、抗肿瘤活性成分是甘遂实现“消肿散结”功效的关键物质基础。在抗炎作用方面,Zhang 等^[7]通过检测核心炎症介质表达水平发现,甘遂大戟烷 A、3-O-(2'E,4'E-癸二烯酰基)巨大戟二萜醇两种化合物可剂量相关性抑制 TNF- α 、IL-6 等炎症因子释放,通过调控 NF- κ B 通路活性介导抗炎效应。在抗肿瘤及抗病毒活性方面,甘遂中的 3-(2-萘甲酰基)巨大戟醇成分对 HIV-1 病毒的感染与潜伏过程具有双重抑制药理活性^[6]。王思懿^[5]通过网络药理学系统探究甘遂的抗肿瘤作用机制,研究表明巨大戟烷型二萜类成分[3-O-(2,3-二甲基丁酰基)-13-O-十二烷酰基巨大戟醇等]为甘遂抗肿瘤的核心活性物质,该类成分可靶向作用于 NOS3、RELA、HRAS、NRAS、KRAS、RASGRP1、PEKCA、PRKCB、PRKCE 等关键蛋白,调控 EGFR、VEGF、FGFR 信号网络下游的 RAS-RAF-MEK-MAPK 及 PLC-PKC 信号通路,最终发挥抗肿瘤作用。此外,从甘遂中分离得到的 11,13-二十碳二烯酸甲酯可通过破坏肿瘤细胞膜完整性,产生显著的抗肿瘤药理活性^[45]。

综上,甘遂传统核心功效与现代药理活性对应,现代研究已从泻下、利尿、抗炎、抗肿瘤、免疫调节等多维度阐释其传统功效的物质基础与作用机制。现有研究明确,甘遂大戟萜酯 C、甘遂萜酯 A 是甘遂泻水逐饮功效的特征性成分;甘遂大戟烷 A、3-(2-萘甲酰基)巨大戟醇、3-O-(2'E,4'E-癸二烯酰基)巨大戟二萜醇、3-O-(2,3-二甲基丁酰基)-13-O-十二烷酰基巨大戟醇等二萜类成分是其抗炎、抗肿瘤的核心物质,11,13-二十碳二烯酸甲酯则与肿瘤细胞损伤作用相关。上述活性成分可从不同维度关联甘遂传统药性功效与现代药理机制,契合 Q-Marker 筛选体系中“功效相关性”的基本要求,可作为甘遂 Q-Marker 的候选成分。后续仍需通过体内药效实验、量效关系及毒效关联研究,对其作为 Q-Marker 的可靠性进行进一步验证。

3.3.2 基于毒性-效应关系 甘遂在临床上具有泻水逐饮、消肿散结等功效,但其药性峻烈,属于典型的有毒中药。因此,在甘遂 Q-Marker 预测时,还应将毒性成分及其潜在毒性风险纳入综合评价体系。从化学成分看,甘遂中含有多种二萜类化合物,包括大戟烷型、巨大戟烷型及相关酯类衍生物。将含量较高、炮制前后变化明显或体内暴露水平较高

的化合物作为甘遂 Q-Marker 预测过程中重点关注二萜成分。此类成分既可能是药效相关物质,也可能是毒性风险的重要来源,具有作为效-毒关系 Q-Marker 的价值。含量较高或在药材中稳定检出的成分更容易用于质量控制,也更可能对整体药效或毒性产生贡献。甘遂中二萜类和三萜类成分较为丰富,其中二萜酯类成分常被认为与甘遂的刺激性、炎症反应及毒性密切相关。据文献报道,甘遂中含有多种特征性二萜类化合物,如甘遂萜酯 A、甘遂萜酯 B、甘遂大戟萜酯 A、甘遂大戟萜酯 B、甘遂大戟萜酯 C 在药材中含量较高,且与泻下、促炎、胃肠道刺激或细胞毒性等生物效应相关^[68]。甘遂中还含有大戟二烯醇等三萜类成分,这类成分毒性风险相对二萜酯类可能较低,但因其稳定性、可检测性较好,也可作为辅助性质量评价指标进行考察。炮制前后变化明显的成分是甘遂毒性控制 Q-Marker 的重点来源。甘遂临床多以醋炙品入药。炮制过程中,甘遂部分多酰基二萜酯类成分可能发生水解、酯键断裂、酰基迁移或含量下降,从而影响其毒性强弱。例如,生甘遂中甘遂萜酯 A、甘遂萜酯 B、甘遂大戟萜酯 A、甘遂大戟萜酯 B 等化合物,在醋炙后含量可能发生明显变化。大戟二烯醇在醋炙后仍保持相对稳定,并与药效作用密切相关。因此,比较生甘遂与醋甘遂中关键二萜类成分的动态变化,有助于解释甘遂“炮制减毒存效”的物质基础。体内暴露水平较高的成分更可能直接参与药效或毒性作用,应作为 Q-Marker 预测的核心指标之一。中药成分能否进入体内并达到一定暴露水平,是判断其是否具备质量标志物价值的重要依据。对于甘遂而言,甘遂萜酯 A、甘遂萜酯 B、大戟二烯醇等脂溶性较强的二萜酯类和三萜类成分具有较高的膜通透性,理论上更容易被吸收并在体内产生作用,均可作为血清药物化学和药动学研究的重点对象。

综上,甘遂 Q-Marker 预测应充分考虑其有毒中药属性,将毒性成分或具有潜在毒性的化合物纳入候选标志物筛选范围,可将甘遂萜酯 A、甘遂萜酯 B、甘遂萜酯 E、甘遂大戟萜酯 A、甘遂大戟萜酯 B、甘遂大戟萜酯 C、大戟二烯醇、甘遂酮醇等作为 Q-Marker 的选择对象,有助于从质量可控性、安全性和临床有效性 3 个层面综合评价甘遂。后续仍需结合谱效关系、毒效关系和体内药动学研究,进一步明确其作为甘遂 Q-Marker 的科学依据。

3.4 基于化学成分可测性

中药的化学成分具有多样性复杂性, 药物疗效往往与化学成分的含量相关, 因此能否建立专属的定性、定量检测方法, 是筛选 Q-Marker 的重要评判依据。《中国药典》2025 年版已收载甘遂药材的含量测定项, 规定本品按干燥品计, 大戟二烯醇含量不得低于 0.12%。Hou 等^[69]成功建立外源参照物-一测多评法, 以苯甲酸乙酯为外源参照物, 可在 25 min 内同时测定甘遂中 8 种巨大戟烷型二萜、3 种假白榄烷型二萜和 2 种三萜的含量。该方法克服了甘遂部分对照品稀缺、化合物结构相近、紫外响应弱等定量难点, 可实现多类目标成分的同步测定。程显隆等^[70]建立甘遂中甘遂大戟萜酯 D 的含量测定方法, 比较生甘遂和醋甘遂中甘遂大戟萜酯 D 的含量差异, 该方法准确度高、重复性与稳定性良好, 适用于甘遂大戟萜酯 D 的定量分析。张珊珊等^[71]以葡萄糖为对照品, 采用苯酚-硫酸比色法测定甘遂生品及醋炙品多糖含量, 方法简便、可靠、稳定性好, 为甘遂及其炮制品多糖类成分的进一步研究奠定基础。

综上, 甘遂化学成分可测性相关研究为其 Q-Marker 筛选提供了重要实验依据。现有研究既确立了药典指标大戟二烯醇在质量控制中的应用价值, 也借助一测多评、HPLC 定量、比色分析等技术完成了二萜、三萜、多糖等多类成分的定量表征, 反映出甘遂质量评价正由单一指标控制向多成分综合质量评价转变。其中大戟二烯醇具备成熟的标准化检测体系; 甘遂大戟萜酯 D 在生品-醋制品间存在显著含量差异, 能够表征炮制引发的化学成分改变, 二者均具备成为甘遂 Q-Marker 候选物的潜力。后续还需结合药效活性、毒性关联特征、体内代谢特征及批次间稳定性开展系统研究, 进一步验证二者作为 Q-Marker 的科学性与代表性。

4 结语与展望

未来研究应首先加强对 Q-Marker 预测成分群的药理学确证, 深入研究其构效关系和构毒关系, 明确各成分在整体药效和毒性中的贡献; 其次建立和完善基于 Q-Marker 成分群稳定可靠的定量分析方法, 并应用于甘遂药材、饮片及相关制剂的质量控制; 此外深入探究甘遂炮制减毒的化学本质, 阐明炮制过程中 Q-Marker 成分的转化规律, 为优化炮制工艺提供科学依据; 最后继续发掘甘遂新的药理活性, 为这一古老中药的现代

化应用开辟新途径。

甘遂是一味功效与毒性并存的传统中药, 目前学界针对其药效物质基础与作用机制的研究已取得显著进展。本文系统梳理甘遂的化学成分, 重点聚焦结构新颖、生物活性多样的二萜及三萜类化合物, 汇总其抗肿瘤、抗病毒、抗炎等核心药理作用, 为阐释甘遂传统药用功效的科学内涵提供现代实验依据。

本研究基于中药 Q-Marker 传递与溯源、特有性、有效性、可测性的核心筛选原则, 筛选预测大戟二烯醇、甘遂萜酯 A、甘遂萜酯 B、甘遂萜酯 E、甘遂萜酯 I、甘遂萜酯 K、甘遂大戟烷 A、3-(2-萘甲酰基)巨大戟醇、3-O-(2'E,4'E-癸二烯酰基)巨大戟二萜醇、3-O-(2,3-二甲基丁酰基)-13-O-十二烷酰基巨大戟醇、11,13-二十碳二烯酸甲酯、甘遂大戟萜酯 A、甘遂大戟萜酯 B、甘遂大戟萜酯 C、甘遂大戟萜酯 D、甘遂酮醇等成分作为甘遂的潜在 Q-Marker。

基于当前研究现状, 后续甘遂相关研究可从多方面深化推进。其一, 强化预测 Q-Marker 成分群的药理活性验证, 深入探究各类成分的构效与构毒关系, 明确不同组分在甘遂整体药效发挥及毒性产生过程中的作用与贡献。其二, 构建并完善基于 Q-Marker 成分群的稳定性、精准化定量分析体系, 将其应用于甘遂原药材、炮制饮片及相关中成药制剂的质量评价与质量控制。其三, 深度挖掘甘遂炮制减毒的化学物质机制, 阐明炮制工艺过程中核心 Q-Marker 成分的结构转化、含量演变规律, 为甘遂炮制工艺的标准化、规范化优化提供科学支撑。其四, 持续探索甘遂潜在的全新药理活性, 拓展其药用价值与应用场景, 为传统中药的现代化开发与临床创新应用开辟新路径。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 中国药典[S]. 一部. 2025: 92.
Pharmacopoeia of the People's Republic of China [S]. Volume I. 2025:92.
- [2] 修彦凤, 曹艳花, 张永太. 甘遂的药理作用研究进展[J]. 上海中医药杂志, 2008, 42(4): 79-80, F0003.
Xiu Y F, Cao Y H, Zhang Y T. Development on pharmacological functions of *Euphorbia kansui* [J]. Shanghai J Tradit Chin Med, 2008, 42(4): 79-80, F0003.
- [3] Zhang Q, Li Z L, Zhang Y, et al. Effect of the vinegar-process on chemical compositions and biological activities

- of *Euphorbia kansui*: A review [J]. J Ethnopharmacol, 2020, 252: 112557.
- [4] Hou J J, Shen Y, Yang Z, et al. Anti-proliferation activity of terpenoids isolated from *Euphorbia kansui* in human cancer cells and their structure-activity relationship [J]. Chin J Nat Med, 2017, 15(10): 766-774.
- [5] 王思赓. 甘遂的化学成分及生物活性研究 [D]. 昆明: 昆明理工大学, 2021.
- Wang S Y. Study on the chemical constituents and biological activities of *Euphorbia kansui* [D]. Kunming: Kunming University of Science and Technology, 2021.
- [6] Liu Q B, Li W, Huang L, et al. Identification, structural modification, and dichotomous effects on human immunodeficiency virus type 1 (HIV-1) replication of ingenane esters from *Euphorbia kansui* [J]. Eur J Med Chem, 2018, 156: 618-627.
- [7] Zhang J S, Weng H Z, Huang J L, et al. Anti-inflammatory ingenane diterpenoids from the roots of *Euphorbia kansui* [J]. Planta Med, 2018, 84(18): 1334-1339.
- [8] Oh S, Oh H W, Lee H R, et al. Ingenane-type diterpene compounds from *Euphorbia kansui* modulate IFN- γ production through NF- κ B activation [J]. J Sci Food Agric, 2016, 96(8): 2635-2640.
- [9] 韩燕燕, 韩向阳, 郑建华, 等. 中药甘遂抗生育作用的研究进展 [J]. 黑龙江中医药, 2011, 40(3): 57-59.
- Han Y Y, Han X Y, Zheng J H, et al. Research progress on antifertility effect of *Kansui*, a traditional Chinese medicine [J]. Heilongjiang J Tradit Chin Med, 2011, 40(3): 57-59.
- [10] 袁帅. 甘遂的化学成分及潜在抗抑郁活性研究 [D]. 泉州: 华侨大学, 2021.
- Yuan S. Study on the chemical constituents of *Euphorbia kansui* and its potential antidepressant activities [D]. Quanzhou: Huaqiao University, 2021.
- [11] 刘昌孝, 陈士林, 肖小河, 等. 中药质量标志物(Q-Marker): 中药产品质量控制的新概念 [J]. 中草药, 2016, 47(9): 1443-1457.
- Liu C X, Chen S L, Xiao X H, et al. A new concept on quality marker of Chinese materia medica: Quality control for Chinese medicinal products [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2016, 47(9): 1443-1457.
- [12] Zhang T J, Bai G, Liu C X. Innovation theory, technical methods and industrial application of quality marker of traditional Chinese medicine [J]. Chin Herb Med, 2025, 17(1): 84-86.
- [13] Wu T S, Lin Y M, Haruna M, et al. Antitumor agents, 119. Kansuiphorins A and B, two novel antileukemic diterpene esters from *Euphorbia kansui* [J]. J Nat Prod, 1991, 54(3): 823-829.
- [14] 董乐乐, 姚鸿萍, 张国刚, 等. 甘遂的化学成分研究 [J]. 西北药学杂志, 2019, 34(1): 12-15.
- Dong L L, Yao H P, Zhang G G, et al. Study on the chemical constituents of *Euphorbia kansui* [J]. Northwest Pharm J, 2019, 34(1): 12-15.
- [15] Zhang L, Gao L, Li Z J, et al. Bio-guided isolation of the cytotoxic terpenoids from the roots of *Euphorbia kansui* against human normal cell lines L-O2 and GES-1 [J]. Int J Mol Sci, 2012, 13(9): 11247-11259.
- [16] Shi J X, Li Z X, Nitoda T, et al. Antinematodal activities of ingenane diterpenes from *Euphorbia kansui* and their derivatives against the pine wood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*) [J]. Z Naturforsch C J Biosci, 2008, 63(1/2): 59-65.
- [17] 王立岩. 甘遂的化学成分及其生物活性的研究 [D]. 沈阳: 沈阳药科大学, 2003.
- Wang L Y. Study on the chemical constituents of *Euphorbia kansui* and its biological activities [D]. Shenyang: Shenyang Pharmaceutical University, 2003.
- [18] Ma H, Yang S S, Lu H, et al. Bioassay-guided separation of anti-tumor components from *Euphorbia kansui* by means of two-dimensional preparative high performance liquid chromatography and real-time cell analysis [J]. Anal Sci, 2016, 32(5): 581-586.
- [19] Meng X H, Wang K, Chai T, et al. Ingenane and jatrophane diterpenoids from *Euphorbia kansui* and their antiproliferative effects [J]. Phytochemistry, 2020, 172: 112257.
- [20] Wang L Y, Wang N L, Yao X S, et al. Diterpenes from the roots of *Euphorbia kansui* and their *in vitro* effects on the cell division of *Xenopus* [J]. J Nat Prod, 2002, 65(9): 1246-1251.
- [21] Wang L Y, Wang N L, Yao X S, et al. Diterpenes from the roots of *Euphorbia kansui* and their *in vitro* effects on the cell division of *Xenopus* (part 2) [J]. Chem Pharm Bull, 2003, 51(8): 935-941.
- [22] Pan Q, Ip F C F, Ip N Y, et al. Activity of macrocyclic jatrophane diterpenes from *Euphorbia kansui* in a TrkA fibroblast survival assay [J]. J Nat Prod, 2004, 67(9): 1548-1551.
- [23] Guo J, Fang X, Di Y T, et al. Kansuinine J, a new macrocyclic diterpenoid from the roots of *Euphorbia kansui* [J]. Chin Chem Lett, 2010, 21(8): 943-946.
- [24] Manners G D, Wong R Y. ChemInform abstract: The absolute stereochemical characterization of two new jatrophane diterpenes from *Euphorbia esula* [J]. Chemischer Informationsdienst, 1986, 17(2): 198602299.

- [25] Kim Y M, Ahn J, Chae H S, et al. Two new lathyrane-type diterpenoid glycosides with IL-6 production inhibitory activity from the roots of *Euphorbia kansui* [J]. Bioorg Med Chem Lett, 2018, 28(7): 1207-1210.
- [26] Fei D Q, Dong L L, Qi F M, et al. Euphorikanin A, a diterpenoid lactone with a fused 5/6/7/3 ring system from *Euphorbia kansui* [J]. Org Lett, 2016, 18(12): 2844-2847.
- [27] Wang L Y, Wang N L, Yao X S, et al. Euphane and tirucallane triterpenes from the roots of *Euphorbia kansui* and their in vitro effects on the cell division of *Xenopus* [J]. J Nat Prod, 2003, 66(5): 630-633.
- [28] Peng Q, Li G Y, Ma Y P, et al. Chemical constituents of *Euphorbia kansui* [J]. Biochem Syst Ecol, 2012, 43: 64-66.
- [29] Lee J W, Jin Q H, Jang H, et al. Jatrophone and ingenane-type diterpenoids from *Euphorbia kansui* inhibit the LPS-induced NO production in RAW 264.7 cells [J]. Bioorg Med Chem Lett, 2016, 26(14): 3351-3354.
- [30] Guo J, Zhou L Y, He H P, et al. Inhibition of 11 β -HSD1 by tetracyclic triterpenoids from *Euphorbia kansui* [J]. Molecules, 2012, 17(10): 11826-11838.
- [31] 徐佳祺, 王长江, 王朝杰. 新型二萜内酯化合物 Euphorikanin A 的结构和性质计算分析 [J]. 光谱学与光谱分析, 2025, 45(2): 371-378.
Xu J Z, Wang C J, Wang C J. Theoretical study on the structure and properties of a novel diterpenoid lactone compound euphorikanin A [J]. Spectrosc Spectr Anal, 2025, 45(2): 371-378.
- [32] Zhang Q, Zhou Q R, Lou J W, et al. Chemical constituents from *Euphorbia kansui* [J]. Molecules, 2017, 22(12): 2176.
- [33] Le Dang Q, Choi Y H, Choi G J, et al. Pesticidal activity of ingenane diterpenes isolated from *Euphorbia kansui* against *Nilaparvata lugens* and *Tetranychus urticae* [J]. J Asia Pac Entomol, 2010, 13(1): 51-54.
- [34] 张檀. 基于毒性筛选的中药甘遂化学成分研究 [D]. 广州: 广东药学院, 2016.
Zhang Y. Chemical constituents of *Euphorbia kansui* based on toxicity screening [D]. Guangzhou: Guangdong Pharmaceutical University, 2016.
- [35] Hu R, Gao J, Rozimamat R, et al. Jatrophone diterpenoids from *Euphorbia sororia* as potent modulators against P-glycoprotein-based multidrug resistance [J]. Eur J Med Chem, 2018, 146: 157-170.
- [36] Yu F R, Lu S Q, Yu F H, et al. Cytotoxic activity of an octadecenoic acid extract from *Euphorbia kansui* (Euphorbiaceae) on human tumour cell strains [J]. J Pharm Pharmacol, 2008, 60(2): 253-259.
- [37] 彭勃, 李国玉, 张珂, 等. 甘遂的 C21 甾体类化学成分 (摘要) [A] // 中华中医药学会中药炮制分会 2009 年学术研讨会论文集 [C]. 武汉: 中华中医药学会中药炮制分会, 2009.
Peng Q, Li G Y, Zhang K, et al. C21 steroidal chemical constituents of Gansui (abstract) [A] // Proceedings of 2009 Academic Symposium of Chinese Medicine Processing Branch, China Association of Chinese Medicine [C]. Wuhan: 2009 Academic Symposium of Chinese Medicine Processing Branch, China Association of Chinese Medicine, 2009.
- [38] 马丽, 孟宪华, 杨军丽. 甘遂化学成分、药理活性和临床应用研究进展 [J]. 天然产物研究与开发, 2022, 34(4): 699-712.
Ma L, Meng X H, Yang J L. Research progress on chemical constituents, pharmacological activities and clinical application of *Euphorbia kansui* [J]. Nat Prod Res Dev, 2022, 34(4): 699-712.
- [39] 李燕. 有毒中药甘遂炮制后化学成分及减毒作用的研究 [D]. 济南: 济南大学, 2011.
Li Y. Study on the chemical constituents of toxic traditional Chinese medicine *Euphorbia kansui* after processing and its detoxification effects [D]. Jinan: University of Jinan, 2011.
- [40] 邵霞, 林家红, 张丽. 甘遂的化学成分及其活性研究 [J]. 中草药, 2014, 45(23): 3383-3386.
Shao X, Lin J H, Zhang L. Chemical constituents in root tubers of *Euphorbia kansui* and their activities [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2014, 45(23): 3383-3386.
- [41] 吴晓磊, 潘勤. 甘遂化学成分的研究 [J]. 中草药, 2010, 41(6): 877-881.
Wu X L, Pan Q. Studies on chemical constituents of *Kansui* [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2010, 41(6): 877-881.
- [42] 王玉波, 李颖玉, 王红兵, 等. Chemical Constituents from the Roots of *Euphorbia kansui* [J]. 中国天然药物, 2007, 5(3): 182-185.
Wang Y B, Li Y Y, Wang H B, et al. Chemical constituents from the roots of *Euphorbia kansui* [J]. Chin J Nat Med, 2007, 5(3): 182-185.
- [43] 陈云利, 袁丹, 徐鑫, 等. 甘遂中麻风树烷型大环二萜类化学成分研究 [J]. 中国中药杂志, 2008, 33(15): 1836-1839.
Chen Y L, Yuan D, Xu X, et al. Studies on macrocyclic jatrophone diterpenes of *Euphorbia kansui* [J]. China J Chin Mater Med, 2008, 33(15): 1836-1839.
- [44] Wang H Y, Wang J S, Wei D D, et al. Bioactivity-guided isolation of antiproliferative diterpenoids from *Euphorbia kansui* [J]. Phytother Res, 2012, 26(6): 853-859.
- [45] Yu F R, Lian X Z, Guo H Y, et al. Isolation and

- characterization of methyl esters and derivatives from *Euphorbia kansui* (Euphorbiaceae) and their inhibitory effects on the human SGC-7901 cells [J]. J Pharm Pharm Sci, 2005, 8(3): 528-535.
- [46] Yang H, Li X, Yang X Y, et al. Dual effects of the novel ingenol derivatives on the acute and latent HIV-1 infections [J]. Antiviral Res, 2019, 169: 104555.
- [47] Cary D C, Fujinaga K, Peterlin B M. *Euphorbia Kansui* reactivates latent HIV [J]. PLoS One, 2016, 11(12): e0168027.
- [48] 中医研究院中药研究所. 几种甘遂制剂的毒性及泻下作用的比较 (动物实验的初步报告) [J]. 中医杂志, 1960, 1(2): 54-55.
- Institute of Chinese Materia Medica, China Academy of Traditional Chinese Medicine. Comparison of toxicity and purgative effect of several *Kansui* preparations (preliminary report of animal experiment) [J]. J Tradit Chin Med, 1960, 1(2): 54-55.
- [49] 李慧玉, 雷帆, 王玉刚, 等. 甘遂对水负荷小鼠排尿以及肾脏 AQP2, IL-1 β , TNF- α mRNA 表达的影响 [J]. 中国中药杂志, 2012, 37(5): 606-610.
- Li H Y, Lei F, Wang Y G, et al. Effect of *Euphorbia kansui* on urination and kidney AQP2, IL-1 β and TNF- α mRNA expression of mice injected with normal saline [J]. China J Chin Mater Med, 2012, 37(5): 606-610.
- [50] 黄海燕, 束晓云, 丁安伟, 等. 甘遂和醋甘遂醇提物及其不同极性部位的药效和毒性研究 [J]. 中国药业, 2008, 17(17): 3-4.
- Huang H Y, Shu X Y, Ding A W, et al. Experimental study on purgative activity and acute toxicity of ethanol extracts from different polar parts of *Kansui* and vinegar-preparing *Kansui* [J]. China Pharm, 2008, 17(17): 3-4.
- [51] Yamaguchi K, Uemura D, Tsuji T, et al. Stimulation of nerve growth factor production by diterpenoids isolated from plants of *Euphorbia* Species [J]. Biosci Biotechnol Biochem, 1994, 58(9): 1749-1751.
- [52] 韩向阳, 李伯如. 中药甘遂注射液妊娠中期引产效果的观察 [J]. 哈尔滨医科大学学报, 1979, 13(4): 24-29.
- Han X Y, Li B R. Observation on induced labor effect of *Gansui* injection in the second trimester of pregnancy [J]. J Harbin Med Univ, 1979, 13(4): 24-29.
- [53] Shi J X, Li Z X, Izumi M, et al. Termiticidal activity of diterpenes from the roots of *Euphorbia kansui* [J]. Z Naturforsch C J Biosci, 2008, 63(1/2): 51-58.
- [54] Kim S J, Jang Y W, Hyung K E, et al. Therapeutic effects of methanol extract from *Euphorbia kansui* Radix on imiquimod-induced psoriasis [J]. J Immunol Res, 2017, 2017: 7052560.
- [55] 张铁军, 白钢, 陈常青, 等. 基于“五原则”的复方中药质量标志物 (Q-marker) 研究路径 [J]. 中草药, 2018, 49(1): 1-13.
- Zhang T J, Bai G, Chen C Q, et al. Research approaches of quality marker(Q-marker) of Chinese materia Medica formula based on “five principles” [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2018, 49(1): 1-13.
- [56] 中华中医药学会《中药质量标志物研究技术指南》编写组. 中药质量标志物研究技术指南 [J]. 中草药, 2025, 56(7): 2249-2252.
- The Compilation Group of the Technical Guide for Research on Quality Markers of Traditional Chinese Medicine. Technical guide for research on quality markers of traditional Chinese medicine [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2025, 56(7): 2249-2252.
- [57] 冯雪梅, 毕楚遥, 许冰, 等. HPLC 法测定不同产地、生长年限、采收期的京大戟和甘遂中大戟二烯醇含量 [J]. 特产研究, 2020, 42(1): 54-57, 73.
- Feng X M, Bi C Y, Xu B, et al. HPLC method for determination of euphol in *Euphorbia pekinensis* and *Euphorbia kansui* in different regions, different growing years and different harvest time [J]. Spec Wild Econ Anim Plant Res, 2020, 42(1): 54-57, 73.
- [58] 沈佳丹. 甘遂炮制前后 HPLC 指纹图谱及主要成分含量变化研究 [J]. 解放军药学报, 2024, 37(4): 386-390.
- Shen J D. Changes of HPLC fingerprints and contents of main components in *Kansui* Radix and processed products [J]. Pharm J Chin People's Liberation Army, 2024, 37(4): 386-390.
- [59] 修彦凤, 施贝, 朱程. HPLC-ELSD 测定甘遂及其制剂控涎丸中大戟二烯醇的含量 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2010, 16(11): 61-63.
- Xiu Y F, Shi B, Zhu C. Determination of euphol in slices of *Euphorbia kansui* and Kongxian pills by HPLC-ELSD [J]. Chin J Exp Tradit Med Form, 2010, 16(11): 61-63.
- [60] 黄群, 林珊, 陈丹. 十枣汤凝胶膏剂 HPLC 法含量测定研究 [J]. 福建中医药, 2022, 53(12): 15-18.
- Huang Q, Lin S, Chen D. Determination of Shizao decoction gel ointment by HPLC [J]. Fujian J Tradit Chin Med, 2022, 53(12): 15-18.
- [61] Zhang Y, Gao J, Zhang Q, et al. Interpretation of *Euphorbia Kansui* stir-fried with vinegar treating malignant ascites by a UPLC-Q-TOF/MS based rat serum and urine metabolomics strategy coupled with network pharmacology [J]. Molecules, 2018, 23(12): 3246.
- [62] 刘悦, 刘志强, 李慧琳, 等. 传统中药甘遂根中二萜类化学成分的电喷雾质谱研究 [J]. 高等学校化学学报, 2008, 29(9): 1727-1735.

- Liu Y, Liu Z Q, Li H L, et al. Studies on diterpenoids constituents from *Euphorbia kansui* by electro-spray ionization multi-stage tandem mass spectrometry [J]. Chem J Chin Univ, 2008, 29(9): 1727-1735.
- [63] 崔悦. 基于代谢组学与药代动力学的甘遂半夏汤配伍机制研究 [D]. 沈阳: 沈阳药科大学, 2025.
- Cui Y. Study on the compatibility mechanism of Gansui Banxia Decoction based on metabolomics and pharmacokinetics [D]. Shenyang: Shenyang Pharmaceutical University, 2025.
- [64] Cui Y, Tang X M, Feng B. Metabolite profiles of Gansuibanxia decoction in rat plasma and urine by UHPLC-Q-TOF/MS analysis [J]. Biomed Chromatogr, 2023, 37(8): e5653.
- [65] 包勒朝鲁, 那生桑. 大戟属植物现代药用的研究进展 [J]. 世界中医药, 2018, 13(8): 2090-2094.
- Bao L C L, Na S S. Advances on modern medicinal researches on plants of *Euphorbia* L [J]. World Chin Med, 2018, 13(8): 2090-2094.
- [66] Zhang Y, Lou J W, Kang A, et al. Kansuiphorin C and Kansuinin A ameliorate malignant ascites by modulating gut microbiota and related metabolic functions [J]. J Ethnopharmacol, 2020, 249: 112423.
- [67] 曹艳, 苏汉文, 周志文, 等. 甘遂及醋炙甘遂提取物对小鼠的肾脏毒性及利尿作用的研究 [J]. 时珍国医国药, 2011, 22(11): 2711-2712.
- Cao Y, Su H W, Zhou Z W, et al. Study on nephrotoxicity and diuretic effect of *Kansui* and vinegar-processed *Kansui* extracts in mice [J]. Lishizhen Med Mater Med Res, 2011, 22(11): 2711-2712.
- [68] Shi Q W, Su X H, Kiyota H. Chemical and pharmacological research of the plants in genus *Euphorbia* [J]. Chem Rev, 2008, 108(10): 4295-4327.
- [69] Hou J J, Wu W Y, Liang J, et al. A single, multi-faceted, enhanced strategy to quantify the chromatographically diverse constituents in the roots of *Euphorbia kansui* [J]. J Pharm Biomed Anal, 2014, 88: 321-330.
- [70] 程显隆, 肖新月, 邹秦文, 等. 生甘遂与制甘遂中的二萜类成分甘遂大戟萜酯 D 的含量研究 [J]. 中国现代中药, 2011, 13(7): 25-28.
- Cheng X L, Xiao X Y, Zou Q W, et al. Determination of kansuiphorin D in *Kansui* Radix and its processed products [J]. Mod Chin Med, 2011, 13(7): 25-28.
- [71] 张姗姗, 孙立立, 石典花. 甘遂炮制前后多糖含量研究 [J]. 四川中医, 2012, 30(6): 57-59.
- Zhang S S, Sun L L, Shi D H. Study on polysaccharide content of *Kansui* before and after processing [J]. J Sichuan Tradit Chin Med, 2012, 30(6): 57-59.

[责任编辑 孙英杰]