

草苈蓉化学成分、药理作用研究进展及质量标志物 (Q-Marker) 预测

王思萌¹, 徐晓敏¹, 卢芳¹, 郭忠录², 刘树民^{1*}

1. 黑龙江中医药大学 中医药研究院, 黑龙江 哈尔滨 150040

2. 大兴安岭地区中医药协会, 黑龙江 大兴安岭 165000

摘要: 草苈蓉为列当科植物 *Boschniakia rossica* 的干燥地上部分, 收载于《安徽省中药饮片炮制规范》及《吉林省中药材标准》第一册。两个标准均明确记载其性温, 核心功效为补肾壮阳、润肠通便, 临床可用于肾虚阳痿、腰膝冷痛、肠燥便秘等病症。现代研究表明草苈蓉是一味富含多种化学成分且具有显著补益作用的中药, 具有抗肿瘤、保肝、抗炎、抗氧化、抗阿尔茨海默病等多种药理活性。系统综述草苈蓉化学成分及药理作用的研究现状, 在此基础上结合中药质量标志物 (Q-Marker) 的概念, 从可测性、特有性、传递性、有效性及与中医药理论的相关性等方面, 对草苈蓉的 Q-Marker 进行预测分析, 推测草苈蓉苷 B、红景天苷、草苈蓉纳拉苷、棕榈酸、咖啡酸、齐墩果酸、肉桂酸、没食子酸及多糖可作为其 Q-Marker, 为草苈蓉的质量评价提供参考依据。

关键词: 草苈蓉; 质量标志物; 草苈蓉苷 B; 草苈蓉纳拉苷; 齐墩果酸; 肉桂酸; 抗肿瘤; 保肝; 抗炎

中图分类号: R969.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-6376(2026)06-2231-19

DOI: 10.7501/j.issn.1674-6376.2026.06.029

Progress on chemical composition and pharmacological effects of *Boschniakia rossica* and prediction of quality markers (Q-Markers)

WANG Simeng¹, XU Xiaomin¹, LU Fang¹, GUO Zhonglu², LIU Shumin¹

1. Research Institute of Traditional Chinese Medicine, Heilongjiang University of Chinese Medicine, Harbin 150040, China

2. Daxinganling Regional Chinese Medicine Association, Greater Khingan Mountains 165000, China

Abstract: *Boschniakia rossica* (Cham. & Schltdl.) B. Fedtsch., known as Cao Congrong in Chinese, is the dried above-ground part of a plant belonging to the Orobanchaceae family. It is included in the "Anhui Province Chinese Herbal Decoction Pieces Preparation Standards" and the first volume of the "Jilin Province Chinese Medicinal Materials Standards". Both standards clearly state that it is warm in nature, with the core functions of tonifying the kidney and enhancing *yang*, and lubricating the intestines to relieve constipation. It is clinically used for treating kidney deficiency impotence, cold pain in the waist and knees, and constipation due to intestinal dryness. Modern research shows that *B. rossica* is a traditional Chinese medicine rich in various chemical components and with significant tonic effects, possessing multiple pharmacological activities such as anti-tumor, liver protection, anti-inflammation, anti-oxidation, and anti-Alzheimer's disease. This paper systematically reviews the current research status of the chemical components and pharmacological activities of *B. rossica*. Based on this, combined with the concept of quality markers (Q-Markers) in traditional Chinese medicine, a predictive analysis of the Q-Markers of *B. rossica* is conducted from the aspects of measurability, specificity, transferability, effectiveness, and relevance to traditional Chinese medicine theory. It is speculated that rossicaside B, salidroside, boschnalosite, palmitic acid, caffeic acid, oleanolic acid, cinnamic acid, gallic acid, and polysaccharides can be used as its quality markers, providing a reference basis for the quality evaluation of *B. rossica*.

Key words: *Boschniakia rossica* (Cham. & Schltdl.) B. Fedtsch.; quality marker; rossicaside B; boschnalosite; oleanolic acid; cinnamic acid; anti-tumor; hepatoprotective; anti-inflammatory

草苈蓉 *Boschniakia rossica* (Cham. & Schltdl.)
B. Fedtsch. 为列当科草苈蓉属植物, 又名不老草,

以全草入药, 具有补肾壮阳、润肠通便的功效, 主治肾虚阳痿、便秘等症。明代李时珍在《本草纲目》

收稿日期: 2025-12-11

作者简介: 王思萌 (2001—), 女, 硕士研究生, 主要从事中药药性理论研究。E-mail: baochangan0130@163.com

*通信作者: 刘树民 (1963—), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 从事中药药性理论及其功效研究。E-mail: keji-liu@163.com

中记载肉苁蓉时提及“此物补而不峻，故有从容之号，盖从蓉罕得，以草苁蓉充之”，表明草苁蓉曾作为肉苁蓉的替代药材应用^[1-2]。近年来，肉苁蓉资源急剧减少，草苁蓉的研究热度逐渐提升，其化学成分与药理作用相关研究日益增多。研究证实，草苁蓉主要含苯乙醇苷类、环烯醚萜苷类、多糖等成分，具有抗炎、抗氧化、抗肿瘤、保肝等药理活性。随着研究深入，草苁蓉具有显著的药用潜力，然而，其质量控制标准尚不明确，药效物质基础与作用机制研究亦不充分，制约其深度研发与临床应用。因此，建立科学的质量控制体系并阐明其“质量-效应”关系，已成为亟待探讨的科学问题。为此本文系统归纳草苁蓉的核心化学成分与主要药理作用，同时

预测其质量标志物（Q-Marker）。该研究可为草苁蓉质量标准的完善提供实验依据与理论支撑，为其临床规范化应用、资源开发利用及后续深入研究奠定基础。

1 化学成分

草苁蓉中已经发现的化学成分主要包括苯乙醇苷类 21 种、环烯醚萜类、单萜衍生物类及生物碱成分共 24 种，其次还有三萜类、甾体 8 种、酚酸类 11 种、12 种挥发性成分以及 15 种多糖。

1.1 苯乙醇苷类

研究人员已从草苁蓉中分离出 21 种苯乙醇苷类化合物，总结见表 1，结构见图 1。该类成分均以 C6-C3 苯乙醇母核为基本骨架，主要为苯乙醇、苯

表 1 草苁蓉中苯乙醇苷类成分

Table 1 Phenylethanoid glycosides in *B.rossica*

| 序号 | 名称 | R ₁ | R ₂ | R ₃ | R ₄ | 母核 |
|----|---|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------|----|
| 1 | 草苁蓉苷 A (rossicaside A) ^[3] | H | caffeoyl | Glc | H | A |
| 2 | 草苁蓉苷 B (rossicaside B) ^[3] | H | <i>trans</i> -caffeoyl | H | Glc | B |
| 3 | 草苁蓉苷 C (rossicaside C) ^[3] | H | <i>trans-p</i> -coumaroyl | Glc | H | C |
| 4 | 草苁蓉苷 D (rossicaside D) ^[3] | <i>trans-p</i> -coumaroyl | H | Glc | H | C |
| 5 | 草苁蓉苷 E (rossicaside E) ^[3] | OH | <i>trans</i> -caffeoyl | H | Glc | B |
| 6 | 草苁蓉苷 F (rossicaside F) ^[3] | OCH ₂ CH ₃ | caffeoyl | Glc | H | A |
| 7 | 草苁蓉苷 G (rossicaside G) ^[4] | H | <i>trans-p</i> -coumaroyl | H | Glc | B |
| 8 | 草苁蓉苷 H (rossicaside H) ^[4] | H | H | <i>trans-p</i> -coumaroyl | Glc | B |
| 9 | 草苁蓉苷 I (rossicaside I) ^[4] | H | H | <i>trans</i> -caffeoyl | Glc | B |
| 10 | 草苁蓉苷 J (rossicaside J) ^[4] | H | <i>trans</i> -caffeoyl | H | Xyl | B |
| 11 | 草苁蓉苷 K (rossicaside K) ^[4] | OH | H | <i>trans</i> -caffeoyl | Glc | B |
| 12 | 红景天苷 I (salidroside I) ^[5] | H | H | H | H | C |
| 13 | 红景天苷 (salidroside) ^[5] | H | H | H | H | C |
| 14 | 类叶升麻苷 (acetoside) ^[5] | H | caffeoyl | H | H | A |
| 15 | rossicasin A ^[3,5] | — | — | — | — | — |
| 16 | rossicasin B ^[3] | — | — | — | — | — |
| 17 | β-D-吡喃葡萄糖基-(1→4)-α-L-鼠李吡喃糖基-(1→3)-D-(4-O-咖啡酰)-吡喃葡萄糖 [β-D-glucopyranosyl (1→4)-α-L-rhamnopyranosyl-(1→3)-D-(4-O-caffeoyl)-glucopyranose] ^[3,6] | — | — | — | — | — |
| 18 | 反式对香豆醇-1-O-β-D-吡喃葡萄糖基(1→4)-α-L-吡喃鼠李糖基(1→3)-β-D-吡喃葡萄糖苷 [trans-p-coumaroyl alcohol-O-β-D-glucopyranosyl (1→4)-α-L-rhamnopyranosyl (1→3)-β-D-glucopyranoside] ^[5] | H | H | H | Glc | B |
| 19 | 反式-对香豆基-(2'-O-β-D)-吡喃葡萄糖基)-β-D-吡喃葡萄糖苷 [trans-p-coumaroyl-(2'-O-β-D)-glucopyranosyl]-β-D-glucopyranoside] ^[5] | H | H | Glc | H | C |
| 20 | (+)-松脂素-β-D-吡喃葡萄糖苷 [(+)-pinoresinol-β-D-glucopyranoside] ^[7] | H | Glc | H | — | D |
| 21 | 毛蕊花糖苷 (acteoside) ^[8] | — | — | — | — | — |

caffeoyl-咖啡酰基；Glc-葡萄糖基；Xyl-木糖基；*trans* caffeoyl-反式咖啡酰基；*trans-p*-Coumaroyl-反式对香豆酰基。

caffeoyl-caffeoyl group；Glc-glucose group；Xyl-xylose group；*trans* caffeoyl-*trans* caffeoyl group；*trans-p*-Coumaroyl-*trans-p*-coumaroyl group。

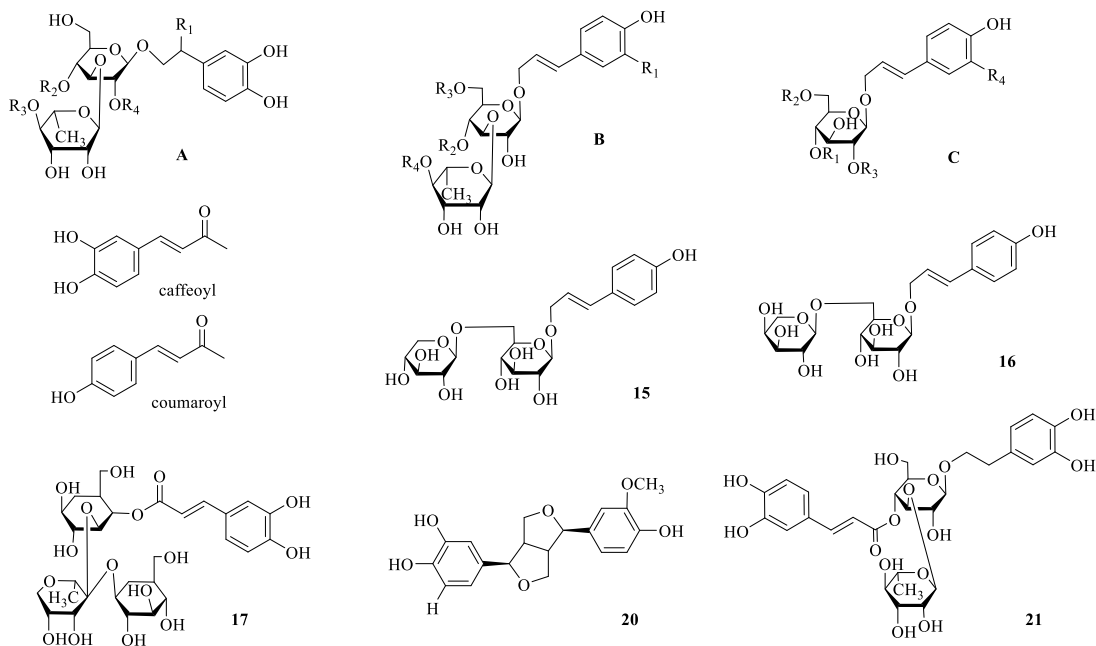


图 1 苯乙醇苷类成分结构

Fig. 1 Structural of phenylethanoid glycosides

丙醇及其衍生物, 普遍通过 *O*-糖苷键与葡萄糖、鼠李糖等糖基相连, 形成单糖苷、双糖苷或三糖苷, 酰基取代主要发生在糖环羟基上, 以咖啡酰基、反式对香豆酰基为主要酰基取代形式, 糖链组成与酰基连接位点呈现规律性差异; 木脂素型成分为双分子苯乙醇单元缩合而成, 可进一步与葡萄糖形成糖苷。该类成分结构差异主要体现在糖链数目、糖基种类以及酰基取代的数量与位置, 整体以母核-糖苷-酰基为核心组合模式。

1.2 环烯醚萜类、单萜衍生物

环烯醚萜类是草苈蓉的重要活性成分, 目前已从中分离得到 13 种环烯醚萜类及 5 种单萜衍生物。该类成分的苷元母核以 C-1 位为主要糖基化位点, 多通过糖苷键连接一分子葡萄糖; C-4 位为常见修饰位点, 主要被羧基、醛基等取代, 部分母核无糖基取代; C-1 位还常参与形成五元或六元内酯环, 构成草苈蓉内酯类的特征结构, 母核与糖链上的主要取代形式为酯基、羧基、醛基及甲基等。单萜衍生物结构相对简单, 多为开链或单环萜类含氧衍生物, 与环烯醚萜类共同构成草苈蓉中萜类成分的核心骨架。环烯醚萜类、单萜衍生物化合物总结见表 2, 结构见图 2。

1.3 生物碱类

Sakan 等^[9]于 1967 年首次从草苈蓉地上部分分离得到草苈蓉碱, 迄今已从该植物中分离鉴定出 6

种生物碱类化合物。按母核骨架可将其分为环戊烷并吡啶类、二氢吡啶类、1, 3, 4-噁二唑类 3 类。环戊烷并吡啶类以环戊烷并吡啶为母核, 环戊烷带有 1 个甲基, 吡啶环 4 位连接甲基、羧基等可取代基, 为该生物碱的核心骨架; 二氢吡啶类以苯环稠合饱和含氮五元环为母核, 环内氮原子为仲胺, 吡咯环双键被还原; 1, 3, 4-噁二唑类以五元芳香杂环 1, 3, 4-噁二唑为母核, 杂环 2 位连苯基、5 位连异丙基。各类生物碱母核骨架差异明显, 取代基类型与连接位点具有典型结构特征。生物碱类化合物总结见表 3, 结构见图 3。

1.4 三萜和甾体类

研究人员从草苈蓉中分离得到 4 种三萜类及 4 种甾体类成分。三萜类以 6 个异戊二烯单元构成五环母核, 主要分为齐墩果烷型与乌苏烷型 2 类; 齐墩果烷型特征为 E 环 C-20 位具同碳二甲基, 部分化合物 C-3 位为 β -羟基、 α -羟基或乙酰氧基取代; 乌苏烷型与齐墩果烷型的主要区别在于 E 环 C-19、C-20 位为异碳二甲基。甾体类以环戊烷并多氢菲为母核, C3 位多为 β -羟基取代或通过 *O*-糖苷键与葡萄糖结合形成甾苷, 部分成分 C24 位存在 *S/R* 手性异构。三萜和甾体类化合物详见表 4, 结构式见图 4。

1.5 酚酸、脂肪酸及黄酮类

研究人员从草苈蓉中分离得到酚酸类、脂肪酸类及黄酮类成分, 其中含 4, 5, 6-三羟基黄酮 1 种黄

表 2 草苳蓉中环烯醚萜类及单萜衍生物成分

Table 2 Iridoids and monoterpene derivatives components in *B.rossica*

| 序号 | 名称 | R ₁ | R ₂ | 母核 |
|----|---|--------------------|-----------------|----|
| 1 | 草苳蓉醇 (boschnarol) ^[7] | H | CHO | A |
| 2 | 草苳蓉醇甲醚 (boschnarol methylether) ^[7] | CH ₃ | CHO | A |
| 3 | 8-表去氧马钱子酸 (8-epideoxyloganic acid) ^[7] | Glc | COOH | A |
| 4 | (1R)-1-O-甲基-8-表脱氧番木鳖酸苷元 [(1R)-1-O-methyl-8-epideoxyloganic acid aglycone] ^[7] | CH ₃ | CHO | A |
| 5 | (1S)-1-O-甲基-8-表脱氧番木鳖酸苷元 [(1S)-1-O-methyl-8-epideoxyloganic acid aglycone] ^[7] | CH ₃ | CHO | A |
| 6 | 1,10-双脱氧-7, 8-二氢健尼品 (1,10-bisdeoxy-7, 8-dihydrogenipin) ^[7] | — | — | |
| 7 | (4R)-4-羟甲基草苳蓉内酯 [(4R)-4-hydroxymethylboschnialactone] ^[9] | CH ₂ OH | — | B |
| 8 | 7-甲基-八氢环戊并[c]吡喃-4-羧酸 {7-methyl-octahydro-cyclopenta [c] pyran-4-carboxylic acid} ^[7] | COOH | — | B |
| 9 | 草苳蓉酮 (boschnialactone) ^[9] | H | — | B |
| 10 | β-D-吡喃葡萄糖-1-(3,7-二甲基)-2-反式-6-辛二烯酸酯 (β-D-glucopyranose 1-(3, 7-dimethyl)-2-trans-6-octadienoate) ^[10] | — | — | |
| 11 | 6,7-二氢叶薄荷酸双葡萄糖苷 (6,7-dihydrof acid diglucoside) ^[10] | — | — | |
| 12 | 别-顺异臭蚁素 (all-cis-isoiridomyrmecin) ^[11] | — | — | |
| 13 | 别-顺臭蚁素 (all-cis-iridomyrmecin) ^[12] | — | — | |
| 14 | 别-顺-异二氢假荆芥内酯 (all-cis-isodihydronepetalactone) ^[12] | — | — | |
| 15 | 别-顺-二氢假荆芥内酯 (all-cis-dihydronepetalactone) ^[12] | — | — | |
| 16 | 新草苳蓉内酯 (neoboschnialactone) ^[7, 12] | — | — | |
| 17 | 草苳蓉苷 (boschnaside) ^[6] | Glc | CH ₃ | A |
| 18 | 草苳蓉纳拉苷 (boschnaloside) ^[13] | Glc | CHO | A |

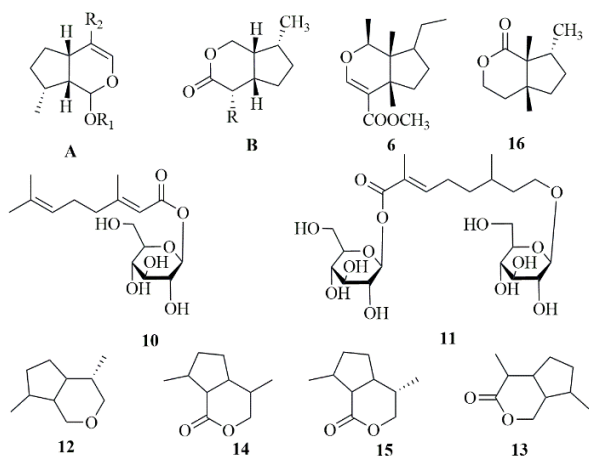


图 2 环烯醚萜类及单萜衍生物类化合物结构

Fig. 2 Structural of iridoids and monoterpene derivatives components

酮类成分, 酚酸类与脂肪酸类各 5 种。2 类成分均以羧基为特征官能团。酚酸类以芳香苯环为母核, 主要分为苯甲酸型 (C6-C1) 与肉桂酸型 (C6-C3), 苯甲酸型为苯环直接连接羧基, 肉桂酸型为苯环接 α, β-

表 3 草苳蓉中生物碱类成分

Table 3 Alkaloid components in *B.rossica*

| 序号 | 名称 | R | 母核 |
|----|--|-----------------|----|
| 1 | 草苳蓉碱 (boschniakine) ^[9] | CH ₃ | A |
| 2 | 草苳蓉酸 (boschnialinic acid) ^[9] | COOH | A |
| 3 | 猕猴桃碱 (actinidine) ^[11] | — | |
| 4 | 反式-2, 3-二甲基二氢吲哚 (trans-2,3-dimethyl dihydroindole) ^[7] | — | |
| 5 | 7-甲基-6, 7-二氢化-5H-1-吡任啶 (7-methyl-6,7-dihydro-5H-1-pyridine) ^[7] | — | |
| 6 | 2-苯基-5-异丙基-1, 3, 4-噁二唑 (2-phenyl-5-isopropyl-1, 3, 4-oxadiazoles) ^[7] | — | |

不饱和丙烯酸侧链, 苯环上以羟基、甲氧基为主要取代基; 脂肪酸类为无环长链脂肪族羧酸, 包括直链饱和、甲基支链饱和及含双键的不饱和脂肪酸。酚酸和脂肪酸类化合物详见表 5, 结构式见图 5。

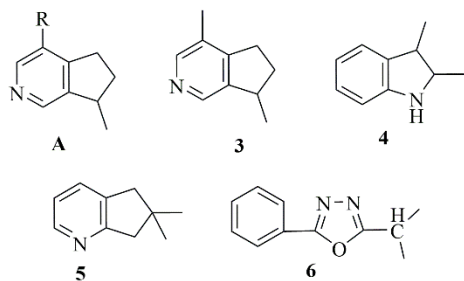


图 3 生物碱类化合物结构

Fig. 3 Structural of alkaloid components

1.6 挥发性成分

研究人员采用气相色谱-质谱联用技术,从草苈蓉中鉴定出 12 种挥发性成分,以萜类为核心组成,其次为脂肪族小分子,仅含 1 种芳香族成分。萜类涵盖单萜、倍半萜及其含氧衍生物,具开链、单环、双环、三环等多种环合形式,多含有羟基、羰基、羧基等含氧官能团;脂肪族成分为简单直链结构,包括饱和烷烃、脂肪醇及不饱和脂肪酸酯;芳香族成分为烷基取代苯类简单小分子,无复杂聚合修

表 4 草苈蓉中三萜和甾体类成分

Table 4 Triterpenes and steroids in *B.rossica*

| 序号 | 名称 | R | 母核 |
|----|--|-------------------------------|----|
| 1 | 齐墩果酸 (oleanolic acid) ^[7] | β -OH | A |
| 2 | 3 α 乙酰基齐墩果酸 (3 α -acetyloleanolic acid) ^[7, 14] | α -CH ₃ COO | A |
| 3 | 3-表齐墩果酸 (3-epioleanolic acid) ^[7] | α -OH | A |
| 4 | β -谷甾醇 (β -sitosterol) ^[15] | H | B |
| 5 | β -谷甾醇-3-O-葡萄糖苷 (β -Sitosterol-3-O-glucoside) ^[15] | Glc | B |
| 6 | (24S)-3 β -羟基-24-乙基胆甾-5-烯-7-酮[(24S)-3 β -hydroxy-24-ethylcholest-5-en-7-one] ^[16] | — | — |
| 7 | (24R)-3 β -羟基-24-乙基胆甾-5-烯-7-酮[(24R)-3 β -hydroxy-24-ethylcholest-5-en-7-one] ^[16] | — | — |
| 8 | 熊果酸 (ursolic acid) ^[17] | — | — |

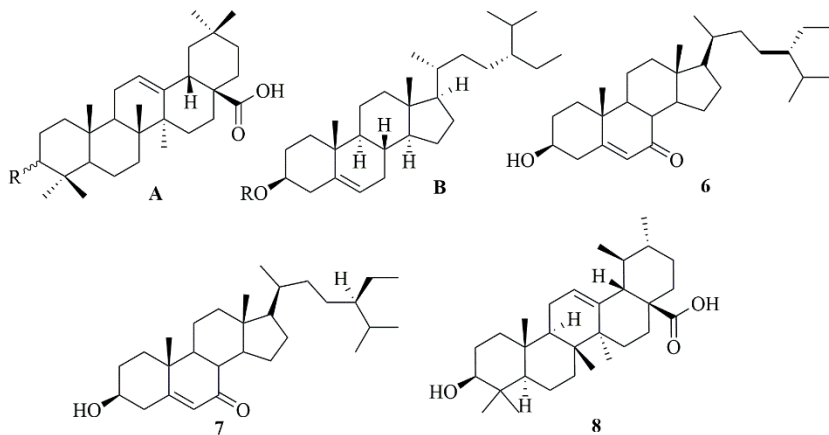


图 4 三萜和甾体类化合物结构

Fig. 4 Structural of triterpenes and steroids

饰。挥发类化合物详见表 6, 结构式见图 6。

1.7 多糖类

多糖类是草苈蓉的代表性活性成分与重要组成部分。研究表明^[21],草苈蓉不同器官的总多糖含量具有明显组织特异性,总糖含量依次为花序>茎>根茎,且生品总多糖含量显著高于酒蒸品。目前已从中分离得到 15 种多糖^[22-28],主要由葡萄糖、岩藻糖、半乳糖、阿拉伯糖、木糖、甘露糖等单糖及糖醛酸组成,多为中性杂多糖或酸性多糖。草苈蓉多糖具有免疫调节、抗氧化、抗衰老、抗肿瘤等多种活性,

是体现其补益功效的核心物质基础。糖类成分见表 7, 结构见图 7。

2 药理活性

2.1 抗肿瘤

草苈蓉多糖、环烯醚萜苷、苯乙醇苷及草苈蓉提取物均表现出显著的抗肿瘤药理活性。草苈蓉多糖作为草苈蓉重要的活性成分,具有抗炎、抗癌、抗衰老、抗氧化等多种药理作用。而环烯醚萜苷具有保肝、抗肿瘤、抗氧化等活性。

草苈蓉多糖的抗肿瘤作用主要与其免疫调节

表 5 草苳蓉中黄酮、酚酸和脂肪酸类成分

Table 5 Flavonoids, phenolic acids and fatty acids in *B.rossica*

| 序号 | 名称 | R ₁ | R ₂ | R ₃ | 母核 |
|----|---|----------------|----------------|-----------------|----|
| 1 | 4, 5, 6-三羟基黄酮 (4, 5, 6-trihydroxy-aurone) ^[15] | — | — | — | |
| 2 | 对香豆酸 (<i>p</i> -coumaric acid) ^[18] | — | OH | OH | A |
| 3 | 咖啡酸 (caffeic acid) ^[15] | OH | OH | OH | A |
| 4 | 肉桂酸 (cinnamic acid) ^[15] | — | — | OH | A |
| 5 | 没食子酸 (gallic acid) ^[15] | — | — | — | |
| 6 | 对香豆酸甲酯 (methyl <i>p</i> -coumarate) ^[17] | — | OH | CH ₃ | A |
| 7 | 十氢萘甲酸 (decahydronaphthalene methanoic acid) ^[19] | — | — | — | |
| 8 | 3, 5-二甲氧基苯甲酸 (3, 5-dimethyl benzoic acid) ^[19] | — | — | — | |
| 9 | 10-甲基珠光脂酸 (10- methyl heptadecanoic acid) ^[19] | — | — | — | |
| 10 | 棕榈酸 (palmitic acid) ^[19] | — | — | — | |
| 11 | 亚油酸 (linoleic acid) ^[19] | — | — | — | |

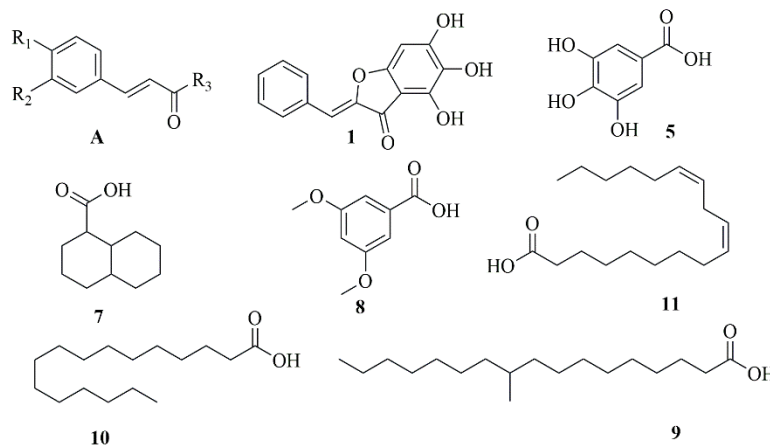


图 5 酚酸类及脂肪酸类化合物结构

Fig. 5 Structural of phenolic acids and fatty acids

表 6 草苳蓉中挥发性成分

Table 6 Volatile compounds in *B.rossica*

| 序号 | 名称 |
|----|--|
| 1 | 4-甲基-二环 (2, 2, 2)-辛酸 (4-methyl-bicyclo(2, 2, 2)octane-1-carboxylic acid) ^[20] |
| 2 | 乙基庚烯酯 (ethyl- <i>trans</i> -2-heptenoate) ^[7, 20] |
| 3 | 蒲勒酮 (pulegone) ^[7, 20] |
| 4 | 二氢香芹酮 (dihydrocarvone) ^[7, 20] |
| 5 | 香叶醇 (geraniol) ^[7, 20] |
| 6 | 薰衣草花醇 (lavandulol) ^[7, 20] |
| 7 | 顺式-8-孟烯 (<i>cis</i> -8-menthene) ^[7, 20] |
| 8 | 绿叶萜 (γ -patchoulene) ^[7] |
| 9 | 顺-石竹萜烯 (<i>cis</i> -caryophyllene) ^[7, 20] |
| 10 | 1-己醇 (1-hexanol) ^[7, 20] |
| 11 | 1-苯基壬烷 (1-phenylnonane) ^[7, 20] |
| 12 | 正十五烷 (<i>n</i> -pentadecane) ^[7, 12] |

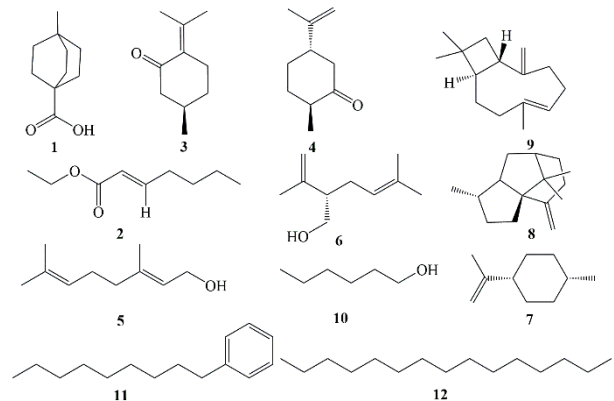


图 6 挥发类化合物结构

Fig. 6 Structural of volatile compounds

功能密切相关。研究证实^[29], 草苳蓉根茎多糖可升高小鼠肝癌细胞内超氧化物歧化酶 (SOD) 及血清

肿瘤坏死因子- α (TNF- α) 水平, 降低丙二醛 (MDA) 表达, 从而缓解氧化应激损伤; 在肝癌发生早中期, 可通过抑制自由基生成、减轻脂质过氧化损伤、增强机体免疫功能发挥抗肝癌作用, 进而减轻肝损

表 7 草苈蓉中糖类成分

Table 7 Carbohydrate components in *B.rossica*

| 序号 | 化合物 | 单糖组成 |
|----|------------------------------------|---|
| 1 | 草苈蓉碱提多糖 (CP I) ^[22] | 岩藻糖、葡萄糖、半乳糖、阿拉伯糖物质的量比 3.09 : 6.96 : 4.58 : 1.00 |
| 2 | 草苈蓉碱提多糖 (CP II) ^[22] | 岩藻糖、葡萄糖物质的量比 1.00 : 1.27 |
| 3 | 草苈蓉水提粗多糖 (BW I) ^[23] | 岩藻糖、木糖、葡萄糖、半乳糖、阿拉伯糖、半乳糖醛酸物质的量比 2.60 : 5.75 : 21.88 : 2.10 : 1.00 : 3.48 |
| 4 | 草苈蓉水提粗多糖 (BW II) ^[23] | 阿拉伯糖、岩藻糖、木糖、甘露糖、葡萄糖、葡萄糖胺物质的量比 1.44 : 15.28 : 1.00 : 1.95 : 19.91 : 2.04 |
| 5 | 草苈蓉碱提水溶粗多糖 (BJ I) ^[23] | 岩藻糖、木糖、葡萄糖、半乳糖、阿拉伯糖、半乳糖醛酸物质的量比 3.09 : 0.42 : 6.96 : 4.58 : 1.00 : 0.47 |
| 6 | 草苈蓉碱提水溶粗多糖 (BJ II) ^[23] | 岩藻糖、木糖、葡萄糖物质的量比 1.000 : 0.094 : 1.270 |
| 7 | 草苈蓉根、茎水溶性多糖 (BRT) ^[24] | 阿拉伯糖、木糖、半乳糖、甘露糖、葡萄糖物质的量比 0.98 : 1.00 : 2.38 : 1.28 : 10.00 |
| 8 | 草苈蓉纯化多糖 (BRPS-0) ^[25] | 半乳糖酸、葡萄糖、半乳糖、阿拉伯糖物质的量比 0.352 : 3.020 : 1.260 : 5.370 |
| 9 | 草苈蓉多糖 (BRPS-A1) ^[26] | 阿拉伯糖、甘露糖、半乳糖、葡萄糖、木糖物质的量比 13 : 22 : 26 : 30 : 10 |
| 10 | 草苈蓉多糖 (BRPS-B1) ^[26] | 甘露糖、半乳糖、葡萄糖、葡萄糖醛酸物质的量比 8 : 20 : 50 : 21 |
| 11 | 草苈蓉多糖 (BRPS-B2) ^[26] | 半乳糖、葡萄糖、葡萄糖醛酸物质的量比 23 : 52 : 24 |
| 12 | 草苈蓉全草粗糖 (BRP-W1) ^[27] | 阿拉伯糖、甘露糖、半乳糖、葡萄糖、木糖 |
| 13 | 草苈蓉全草粗糖 (BRP-WA1) ^[27] | 糖醛酸、甘露糖、半乳糖、葡萄糖、葡萄糖糖醛酸 |
| 14 | 草苈蓉全草粗糖 (BRP-WA2) ^[27] | 糖醛酸、半乳糖、葡萄糖、葡萄糖糖醛酸 |
| 15 | 草苈蓉杂多糖 ^[28] | 鼠李糖、木糖、阿拉伯糖、葡萄糖、半乳糖醛酸 |

伤。侯元等^[30]进一步证实,草苈蓉多糖能剂量相关性地升高小鼠胸腺指数与脾脏指数、提高 T 淋巴细胞转化率、增强自然杀伤(NK)细胞杀伤活性并促进巨噬细胞吞噬功能,通过强化细胞免疫与激活非特异性免疫,进而实现对肿瘤生长的抑制作用,抑瘤率达 38.86%。Wang 等^[31]发现,草苈蓉多糖对人喉鳞状细胞癌 Hep2 细胞具有显著抑制活性,其机制与诱导细胞周期阻滞及凋亡相关,且该抑制作用呈时间-剂量相关性;200 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的草苈蓉多糖可诱导 Hep2 细胞发生 G₀/G₁ 期阻滞,100~400 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 草苈蓉多糖作用 24 h 可显著促进细胞凋亡。同时,草苈蓉多糖处理可促进半胱天冬酶-3 前体(pro-Caspase-3)、半胱天冬酶-8 前体(pro-Caspase-8)及半胱天冬酶-9 前体(pro-Caspase-9)剪切活化,上调死亡受体 5 (DR5) 与 Bcl-2 相关 X 蛋白(Bax)表达,下调 B 细胞淋巴瘤-2 蛋白(Bcl-2)表达。崔静等^[32]研究表明,草苈蓉多糖可通过下调程序性死亡受体 1 (PD-1) /程序性死亡配体 1 (PD-L1) 表达抑制 Hep-2 细胞活力、增殖与迁移,且作用效果随时间与浓度递增;经草苈蓉多糖处理后,脂肪酸合

成酶(Fas)表达升高、Bcl-2/Bax 值降低,进而促进肺癌细胞凋亡。另有研究^[33]显示,草苈蓉多糖单用或与 5-氟尿嘧啶(5-FU)联用均可剂量相关性抑制 S180 荷瘤小鼠肿瘤生长并提高脾脏指数,二者联用呈现免疫调节协同效应,具体表现为促进淋巴细胞增殖、增强 NK 细胞毒性、升高血清白介素-2 (IL-2) 与 γ 干扰素 (IFN- γ) 水平,并增加脾脏 CD4⁺ 及 CD8⁺ T 淋巴细胞比例。

环烯醚萜苷的抗肿瘤活性与其抗氧化能力提升密切相关。研究结果显示^[34],环烯醚萜苷可降低肝癌前病变大鼠血清 γ -谷氨酰转肽酶(γ -GT)、谷胱甘肽-S-转移酶(GST)、丙氨酸氨基转移酶(ALT)及天冬氨酸氨基转移酶(AST)活性,提高 SOD、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)及过氧化氢酶(CAT)活性并减少 MDA 含量,提示环烯醚萜苷可通过抗氧化作用清除自由基,从而抑制肝癌前病变的发生发展。金爱花等^[35]研究指出,环烯醚萜苷可显著上调 IL-2 水平、下调 TNF- α 等促炎因子水平;环烯醚萜苷与草苈蓉水提取物(BRAF)均可提高血清总抗氧化能力(T-AOC)、降低 MDA 含量,通过增

强机体抗氧化功能抑制小鼠 H22 移植瘤增殖^[36]。此外,环烯醚萜苷可显著延长 VX2 荷瘤兔生存期,抑制移植瘤生长并提高抑瘤率,其作用同样与增强抗氧化能力相关,表现为 SOD、CAT 及 GSH-Px 活性显著升高,MDA 水平下降^[37]。环烯醚萜苷还可下调肿瘤增殖细胞核抗原(PCNA)与 Bcl-2 蛋白表达,上调 Bax 蛋白表达,降低 Bcl-2/Bax 值,进而诱导肿瘤细胞凋亡^[38]。另有研究^[39]表明,环烯醚萜苷含药血清可通过磷脂酰肌醇 3-激酶(PI3K)/蛋白激酶 B(Akt) 信号通路调控 Bcl-2 家族蛋白表达,诱导人肝癌 SMMC-7721 细胞凋亡,进一步增强其抗肿瘤效果。此外,环烯醚萜苷可下调转化生长因子- β 1(TGF- β 1) 诱导的人肝癌细胞(SMMC-7721、HepG2、SK-Hep1) 中基质金属蛋白酶-2(MMP2)、基质金属蛋白酶-7(MMP7)、基质金属蛋白酶-9(MMP9) 及锌指转录因子(Snail、Slug) 的蛋白表达,通过逆转上皮-间质转化(EMT) 抑制肝癌进展^[40-41], 展现出对肝癌多阶段进程的干预潜力。

草苈蓉苯乙醇苷可诱导肺癌 A549 细胞凋亡,并显著干扰细胞周期进程,使细胞阻滞于 G₀/G₁ 期;其分子机制涉及上调 p53 与 Fas 蛋白表达、下调 Bcl-2 表达及上调 Bax 表达,提示草苈蓉苯乙醇苷可通过激活 p53/Fas 通路、降低 Bcl-2/Bax 值促进 A549 细胞凋亡^[42]。Yin 等^[43]发现,BRAF 可通过抑制 GST-P、p53 及周期蛋白依赖性激酶抑制剂 1A(p21) 表达发挥抗炎作用,进而干预大鼠肝癌早期发生。草苈蓉二氯甲烷提取物单用或与长春瑞滨(NVB) 联用均可显著抑制 VX2 移植瘤生长,并增强 NVB 的化疗效果,其机制与抑制肿瘤细胞增殖及提高机体抗氧化能力相关,表现为血清 SOD、CAT、GSH-Px 活性及 T-AOC 水平显著升高,MDA 水平降低^[44]。另有研究表明^[45],草苈蓉甲醇提取物对大鼠肝癌细胞具有显著细胞毒性,质量浓度 0.75、1.0 g·L⁻¹ 下可明显抑制细胞生长并诱导细胞死亡,抑制率分别达 64.40% 与 98.58%。

2.2 保肝

宋昊^[46]研究表明,草苈蓉乙醇提取物可通过调节对乙酰氨基酚诱导的急性肝损伤小鼠氧化应激水平,提高肝组织谷胱甘肽(GSH) 含量、下调细胞色素 P450 2E1(CYP2E1) 表达,进而发挥肝脏保护作用。尹学哲等^[47]发现,BRAF 对氨基半乳糖(GalN) 联合脂多糖(LPS) 诱导的小鼠急性肝损伤具有保护效应,可减轻肝细胞 DNA 断裂与损伤程

度,增强机体抗氧化能力并抑制肝细胞凋亡。赵文玺等^[48]进一步证实,BRAF 对四氯化碳(CCl₄) 诱导的小鼠急性肝损伤具有显著保护作用,可通过改善氧化应激状态、提升肝脏抗氧化能力缓解肝组织损伤,具体表现为降低血清 ALT、AST 及碱性磷酸酶(ALP) 水平,减轻肝组织病理损伤;提高肝组织 SOD、CAT、GSH-Px 活性及 GSH 含量;增强肝线粒体 SOD、Na⁺-K⁺-ATP 酶与 Ca²⁺-Mg²⁺-ATP 酶活性;降低肝匀浆及线粒体中 MDA 含量。此外,草苈蓉正丁醇提取部位与 BRAF 均对 GalN/LPS 联合诱导的肝损伤具有保护作用,可逆转胱天蛋白酶-3(Caspase-3)、胱天蛋白酶-8(Caspase-8) 活性升高,降低血清 ALT、AST 水平并减少肝细胞凋亡,进而延缓急性肝损伤进程^[49]。

除草苈蓉提取物外,环烯醚萜苷、草苈蓉苯乙醇苷及草苈蓉多糖对 CCl₄ 诱导的急性肝损伤亦具有显著保护作用。草苈蓉正丁醇提取物^[50]、环烯醚萜苷^[51] 及草苈蓉多糖^[52] 可通过减轻氧化应激、抑制炎症反应、诱导血红素加氧酶-1(HO-1) 蛋白表达、降低 Caspase-3 剪切活化与 DNA 片段化程度,并调节肝脏 CYP2E1 表达及功能,从而逆转 CCl₄ 所致急性肝损伤。全吉淑^[53] 研究发现,环烯醚萜苷可显著降低 CCl₄ 诱导急性肝损伤小鼠血清 ALT、AST 及 MDA 水平,提升 SOD、GSH-Px、GSH 等抗氧化指标,同时下调肝组织一氧化氮(NO) 含量及一氧化氮合酶(iNOS)、环氧酶-2(COX-2) 与 HO-1 蛋白表达,进而发挥保肝作用。草苈蓉多糖可通过调控炎症因子水平及相关信号通路活性实现保肝效应,具体表现为回调 CCl₄ 诱导急性肝损伤小鼠血清白细胞介素 6(IL-6)、TNF- α 水平,阻断 Caspase-1、Caspase-8 活化,同时抑制 Toll 样受体 4(TLR4) 表达及 JUN 氨基末端激酶(JNK)、细胞外调节蛋白激酶(ERK) 与核因子- κ B(NF- κ B) 的磷酸化激活^[54]。草苈蓉苯乙醇苷类的草苈蓉苷 B 对 CCl₄ 诱导的急性肝损伤同样具有保护作用,其机制涉及抗氧化、抗炎及改善 CYP2E1 功能,可降低血清毒性酶及 TNF- α 水平,减轻肝脏氧化应激,减少脂质氢过氧化物与硫代巴比妥酸反应物生成,提高 GSH 含量及抗氧化酶活性,抑制肝脏亚硝酸盐产生,并下调 iNOS、COX-2 蛋白的异常高表达^[55]。

肝纤维化是多种慢性肝病共同的终末病理进程。研究显示^[56],草苈蓉乙醇提取物可显著抑制肝星状细胞(HSC-T6) 增殖并诱导其凋亡,该作用呈

剂量-时间相关性;同时可降低细胞培养液中透明质酸与IV型胶原(CIV)分泌,将细胞阻滞于G₀/G₁期以阻止其进入S期,最终通过诱导凋亡、抑制胶原合成与细胞增殖发挥抗肝纤维化作用。另有研究表明^[57],环烯醚萜苷可通过抑制肝星状细胞活化减少肝纤维化发生,进而保护肝组织。此外,潘理会等^[58]发现,草苈蓉可显著改善肝纤维化模型大鼠肝功能及肝纤维化指标,降低血清III型前胶原(PCIII)、CIV含量,减轻肝组织胶原纤维面密度并降低纤维化分级,从而延缓肝纤维化进展,发挥保肝护肝功效。

2.3 抗炎

草苈蓉多糖具有极佳的抗炎药理活性。迟立超^[59]研究显示,草苈蓉多糖能显著抑制二甲苯致耳肿胀小鼠血液中白细胞及中性粒细胞数量的升高,同时对右旋糖酐诱导的大鼠足肿胀具有显著抑制效果,证实其抗炎潜力;费鸿博等^[60]的研究则进一步揭示草苈蓉多糖可通过抑制血管内白细胞与中性粒细胞的渗出,有效减缓二甲苯诱导的小鼠耳肿胀及急性腹腔炎症的炎症反应强度。此外,马新月等^[61]研究发现,草苈蓉多糖通过调节丝裂原活化蛋白激酶(MAPK)和NF- κ B信号通路,从而抑制LPS诱导的THP-1巨噬细胞炎症反应。

2.4 抗氧化

草苈蓉多糖、草苈蓉提取物及草苈蓉苯乙醇苷凭借其显著的抗氧化及自由基清除活性,在延缓衰老方面发挥重要作用。赵骥民^[62]研究发现,草苈蓉多糖可通过上调大鼠血清中SOD活性、增强氧自由基清除能力,发挥明确的抗衰老功效;尹学哲等^[63]发现,草苈蓉正丁醇提取物具有显著的体外抗氧化及抗活性氧(ROS)作用,可通过清除ROS自由基,阻断Cu²⁺诱导的血清脂质过氧化及Fe²⁺诱导的肝组织脂质过氧化进程。

李勇等^[64]进一步明确了草苈蓉多糖与草苈蓉正丁醇提取物的抗氧化作用机制,指出二者可通过捕捉脂质过氧化链式反应中产生的ROS,切断或减缓脂质过氧化进程,进而抑制H₂O₂、Fe²⁺及·OH诱导的肝脏脂质过氧化损伤,且该保护作用呈良好的剂量相关性。BRAE可通过增强机体抗氧化酶活性、减少自由基生成,显著降低高脂血症兔血清MDA水平,提升SOD、CAT、GSH-Px活性及T-AOC,从而发挥对心血管损伤及动脉粥样硬化的防治作用^[65]。同时,BRAE还能显著改善高脂血症兔的血脂代谢及脂质过氧化状态,降低低密度脂蛋白(LDL)的氧化

易感性,进一步提升机体抗氧化能力^[66]。

此外,赵卓豪^[67]研究证实,草苈蓉乙醇提取物可有效抑制CuSO₄/H₂O₂及2,2'-偶氮二异丁脒盐酸盐(AAPH)诱导的牛血清白蛋白(BSA)氧化损伤,清除ABTS、DPPH、·OH等多种自由基,上调SOD及CAT活性,进而发挥抗氧化与抗衰老作用。张海丰等^[68]则聚焦于草苈蓉正丁醇萃取部位,证实该部位可剂量相关性调节D-半乳糖诱导衰老大鼠肝脏中MDA、SOD及CAT水平,且明确其核心抗氧化成分为草苈蓉苯乙醇苷中的草苈蓉苷I。

2.5 抗阿尔茨海默病(AD)活性

草苈蓉在改善学习记忆障碍、缓解认知功能衰退等方面均表现出一定药理活性。目前,针对草苈蓉提取物的抗阿尔茨海默病相关研究较为深入,且多以体内实验为主要研究手段。

在神经保护作用研究中,付艾妮等^[69]证实,草苈蓉乙醇提取物可通过抑制Meynert核微量注射 β -淀粉样蛋白₁₋₄₀(A β ₁₋₄₀)构建的AD模型大鼠脑组织内胶质细胞异常活化,实现对神经元的靶向保护,进而有效改善模型动物的学习记忆能力。

周丽莎等^[70-72]研究表明,草苈蓉乙醇提取物可呈剂量相关性降低脑内神经元凋亡水平,通过清除A β ₁₋₄₀诱导产生的自由基,减轻胆碱能神经元损伤;同时可上调大鼠海马区碱性成纤维细胞生长因子(bFGF)与巢蛋白(Nestin)的免疫阳性表达,激活神经细胞增殖,参与神经损伤修复过程。此外,草苈蓉乙醇提取物还能提高AD模型大鼠海马及皮质组织中乙酰胆碱(Ach)含量,拮抗A β 对胆碱能神经元的毒性损伤,调节胆碱能系统功能,促进乙酰胆碱合成与释放,从而改善AD大鼠学习记忆与认知功能障碍,促进神经再生与修复,发挥抗衰老、益智及神经保护作用。

刘永镇等^[73]研究证实,草苈蓉乙醇提取物可显著改善胆碱能中枢神经损伤所致衰老动物模型的学习记忆能力,清除机体衰老及相关退行性疾病产生的自由基,提升认知功能,延缓衰老进程。张艳等^[74]研究发现,草苈蓉醇提取物可显著增强正常小鼠的学习记忆能力,并表现出明显的抗疲劳、耐缺氧作用;但大剂量给药对小鼠自发活动存在一定抑制效应。

2.6 补肾壮阳

草苈蓉作为传统补肾壮阳类中药,中医理论认为肾与机体免疫功能密切相关,肾虚状态常伴随免

疫功能抑制,而补肾壮阳类药物多具有免疫增强效应。陈民^[75]研究表明,草苈蓉甲醇提取物可通过回调氢化可的松诱导的肾虚模型小鼠血清睾酮水平,改善其肾阳虚证候,从而发挥雄激素样活性。Mu 等^[76]研究发现,草苈蓉甲醇提取物通过升高血清睾酮水平、降低卵泡刺激素(FSH)分泌水平,进而调节下丘脑-垂体-靶腺轴功能,逆转氢化可的松诱导的大鼠肾虚模型内分泌紊乱,证实其对肾虚小鼠具有系统性治疗效应。

2.7 其他

姜勇男等^[77]研究证实,草苈蓉可剂量相关性地提高小鼠脾细胞中空斑形成细胞(PFC)数量,提示其能够促进脾脏抗体分泌细胞的功能活性。朴玉仁等^[78]进一步验证,草苈蓉可显著增强经 CCl₄ 损伤大鼠枯否细胞的免疫活性及吞噬功能,使超 90% 的枯否细胞对绵羊红细胞(SRbC)呈现完全吞噬状态。另有研究显示^[79],草苈蓉多糖同样具有增强小鼠免疫功能的作用,可显著提高抗体分泌细胞数量,增强脾细胞对 LPS 的增殖反应,并促进脾细胞有丝分裂及 IL-2 的生成。此外,草苈蓉多糖还具有抗心肌损伤的作用,通过调控 *miR-302a-3p/LRP8* 轴,有效缓解缺氧/复氧(H/R)诱导的心肌细胞损伤^[80]。

3 草苈蓉 Q-Marker 的预测分析

针对中药现阶段质量控制体系不完善问题,刘昌孝院士^[81-82]提出了 Q-Marker 的新概念,其确定原则有:(1)中药材/产品中固有存在或经加工制备形成的化学物质;(2)化学结构明确,与中药功效密切相关,且具有特异性;(3)使用标准方法制备样品用于定性和定量;(4)复方中遵循君药优先、兼顾臣佐使药的代表性遴选原则。基于此,将其总结为有效、特有、传递与溯源、可测和处方配伍的“五原则”^[83]。这些要素可有效支撑中药生产过程与产品质量的管控,保障中药的临床疗效与用药安全性。因此,本文通过整理归纳相关文献,从“五原则”角度,对草苈蓉的 Q-Marker 进行预测分析,为草苈蓉质量评价体系的建立提供理论参考。

3.1 基于可测性

可测性指 Q-Marker 需具备一定含量,且拥有成熟的定性鉴定、定量测定方法。在中药复杂体系中,不同成分的含量差异会直接导致药效强度的变化,因此基于“成分可测性”原则筛选 Q-Marker,成为确保中药质量可控与疗效稳定的关键环节。对

于草苈蓉中的主要活性成分苯乙醇苷类、环烯醚萜类、三萜类、脂肪酸类及多糖类的检测技术已趋于成熟。陈民等^[84]建立了草苈蓉药材中草苈蓉纳拉苷和草苈蓉苷 B 的高效液相色谱法(HPLC)同步定量分析方法,并首次对特征峰进行鉴定和含量测定;张海丰等^[85-87]采用分光光度法在 523 nm 处测得草苈蓉中总苷含量可达 10.61%,且草苈蓉的平均回收率为 99.68%,并借助甲醇超声提取法从草苈蓉中提取红景天苷,确定红景天苷的最佳提取工艺条件为物料比 1:20、提取时间 30 min、提取温度 60 °C,方法的平均回收率为 99.88%,该方法操作简便、结果准确、重复性好,可用于草苈蓉中红景天苷的质量控制与分析测定,此外,选用 50%乙醇超声 30 min 提取草苈蓉中齐墩果酸比甲醇与其他体积分数乙醇提取率高,平均加样回收率可达 101.69%;樊红军等^[88]采用 HPLC 法测定 10 个不同产地草苈蓉药材中齐墩果酸含量,发现吉林安图的质量分数最高(0.0205%);为克服棕榈酸沸点高、难以直接进行气相色谱分析的困难,容艳芬等^[89]对其进行了甲酯化衍生处理,经衍生化后,样品沸点降低,更易气化与分离,从而实现了准确的定量分析;研究发现^[21,26],采用热回流法提取草苈蓉多糖成分后,经 Sevag 法脱除蛋白质后获得粗多糖,进一步通过多种层析技术联用对粗多糖进行逐步纯化,最后采用苯酚-硫酸法测定其多糖含量。此外,张金花等^[90]采用紫外分光光度法对草苈蓉中多糖含量的测定,多糖回收率为 96.1%。综上所述,草苈蓉中的草苈蓉纳拉苷、草苈蓉苷 B、红景天苷、齐墩果酸、棕榈酸及多糖,均具备成熟的检测技术,可作为草苈蓉 Q-Marker 的候选成分。

3.2 基于特有性

特有性指 Q-Marker 是中药材及其中药产品固有的化学物质,且能与其他中药材及产品明确区分。中药化学成分复杂,同一化学成分可能存在于多种中药中,这给 Q-Marker 的确定带来了挑战。因此,通过对比草苈蓉基原植物的化学成分,筛选其特有成分,明确草苈蓉的特异性,是预测其 Q-Marker 的重要依据。列当科包含肉苈蓉属、草苈蓉属、野菰属、丁座草属和列当属等 10 个属 35 种植物,其主要活性成分为苯乙醇苷类、环烯醚萜苷类及多糖,而草苈蓉属于列当科草苈蓉属植物。有研究发现^[91],列当属的列当及欧亚列当虽与草苈蓉含有相同类型的化学成分,但二者的化学成分组成存

在显著差异,其中草苳蓉苷等苯乙醇苷类成分、草苳蓉纳拉苷等环烯醚萜苷类成分以及没食子酸等有机酸类成分,均未在列当及肉苳蓉中检出。关于草苳蓉的活性成分,其环烯醚萜苷类的主要代表化合物为草苳蓉纳拉苷,苯乙醇苷类的关键成分是草苳蓉苷 B。陈民等^[84]在前人研究草苳蓉的指纹图谱的基础上,对特征峰草苳蓉纳拉苷及草苳蓉苷 B 进行鉴定与含量测定。故而将这些特异性成分(草苳蓉苷、草苳蓉纳拉苷、没食子酸等)预测为草苳蓉 Q-Marker 的重要候选。

3.3 基于传递性(溯源性)

传递性指 Q-Marker 可在从药材到体内起效的全过程中被检测到,能清晰反映各环节化学成分的组成、传递及变化规律。中药成分复杂,入血成分被认为是潜在的生物活性成分,也是中药发挥药理作用的核心物质基础,因此基于入血成分分析可作为 Q-Marker 筛选的重要依据。

Tadashi 等^[92]研究显示,大鼠给予草苳蓉 50%乙醇提取物后,其血浆自由基清除活性显著优于对照组,这一结果与该提取物可显著提高血浆 SOD 活性的发现相互印证,提示草苳蓉 50%乙醇提取物中可能存在可进入血液循环并发挥抗氧化作用的活性成分。毛蕊花糖苷属于苯乙醇苷类化合物,具有显著的抗氧化、抗肿瘤及神经保护等药理活性^[8]。Wu 等^[93]研究发现,毛蕊花糖苷可直接以原型入血,口服生物利用度仅为 0.12%,但血浆蛋白结合率较高,为(75.5±1.8)%;此外,iv 10 mg·kg⁻¹毛蕊花糖苷 15 min 后,该成分可透过血脑屏障进入脑组织,在脑干、小脑、皮层、海马及纹状体等脑区分布相对均匀,脑组织浓度约为血浆浓度的 0.45%~0.68%,为其中枢神经系统潜在活性提供了实验依据。但草苳蓉中毛蕊花糖苷含量极低,远低于肉苳蓉,若将其作为目标成分来源或替代原料,需审慎评估其实际有效性。

目前,关于草苳蓉入血成分的研究较少,因此,基于“中医药理论相关性”,开展草苳蓉入血成分的后续研究,将成为未来草苳蓉研究的重点方向之一。现有研究围绕草苳蓉单体成分的入血情况展开,发现红景天苷^[94]、棕榈酸^[95]、咖啡酸^[96]、齐墩果酸^[97]、肉桂酸^[98]、没食子酸^[99]均能以原型形式入血,且入血后可迅速、稳定地发挥药效。基于物质传递性原则,上述成分可作为草苳蓉 Q-Marker 的参考候选。

3.4 基于有效性

有效性是衡量中药材及中药产品通过具体生物医学效应发挥药性、产生相应生物学效应的核心标准,也是 Q-Marker 筛选的重要原则。环烯醚萜类成分是植物自身的防御物质,具有广泛的生物活性,也是植物的重要有效成分之一,现代药理学研究表明,其具有抗炎、抗氧化、抗肿瘤、抗 AD、保肝、增强机体免疫功能及补肾壮阳等药理作用。草苳蓉“润肠”的传统功效,主要依托其所含环烯醚萜类成分的泻下作用,该类成分也是草苳蓉发挥润肠功效的主要物质基础。

相关研究显示^[61,100],草苳蓉多糖通过抑制 NF-κB、MAPK、信号传导与转录激活因子-3(STAT3)通路进而抑制 LPS 诱导的 RAW264.7 及 THP-1 巨噬细胞炎症反应,从而发挥抗炎的作用;崔静等^[32]通过下调 PD-1/PD-L1 信号轴,呈时间和浓度相关性抑制 Hep-2 细胞增殖及迁移能力,达到抑制喉癌的发展进程,发挥抗肿瘤的药理作用;华龙等^[101]通过调控 HIF-1α 来抑制 EMT 的发生,从而促进肝癌 HepG2 细胞凋亡,抑制其侵袭和迁移,达到抑制肝癌的作用;此外,有研究发现^[80],草苳蓉多糖可改善心肌缺血再灌注损伤,通过调节 miR-302a-3p/LRP8 轴减轻 H/R 诱导的心肌细胞损伤。环烯醚萜苷可延缓肝纤维化大鼠的肝组织损伤、抑制肝癌进程,其作用机制主要通过提升肝脏抗氧化防御能力、抑制 TGF-β/抗 DPP 同源物(Smad)信号通路及协调组织金属蛋白酶抑制剂(TIMP)/MMP 的动态平衡,实现对肝组织的保护^[57,102];草苳蓉纳拉苷可抑制肝癌细胞 EMT 进程,并在构建的肾虚证动物模型中,显示出其显著的改善肾虚证效能,且该效能与提取物的给药浓度呈量效关系^[13,75]。综上,草苳蓉纳拉苷、环烯醚萜类及多糖类成分,均能体现草苳蓉的药效作用,可作为草苳蓉 Q-Marker 筛选的重要依据。

3.5 基于配伍环境

中医药性理论是指导中医用药的核心依据,集中体现了中药防治疾病的功效与性质,其“物质功效关联性”及“配伍环境”则表明,Q-Marker 经中药配伍后,会受多种条件协同作用,进而影响中药的药效物质基础与作用机制,而配伍需根据药材的性味、归经、功效综合运用。草苳蓉首载于《新修本草》,书中记载:“此注论草苳蓉,陶未见肉者。今人所用亦草苳蓉去花,用代肉苳蓉尔”。古本草

中, 草苈蓉的相关记载多附于“肉苈蓉”及“列当”条目之下, 《现代实用中药》中对草苈蓉的性味与功效描述为: “微臭, 和缓。甘、酸、咸、温, 可滋润五脏, 益髓, 强筋, 治五劳七伤, 绝阳不兴, 绝阴不产, 腰膝冷痛, 遗精带下”。草苈蓉的不同药效成分, 可对应其性味功效特征, 进而作为 Q-Marker 的预测依据。相关研究表明^[103-104], 甘味药具有补益、和缓、养心安神、利水渗湿的作用, 其中补益可补气、阳、血、阴, 化学成分多以多糖为主, 有增强免疫功能、补肾阳、抗恶性贫血、补肝肾、强心之效; 酸味药具有收敛、固涩、敛汗、止泻、涩小便、涩精、止血、止带的作用, 酸味药的化学成分多以有机酸为主, 具有抗炎、抗氧化的作用。因此, 草苈蓉中含有的多糖是其甘味的主要物质基础, 咖啡酸、齐墩果酸等有机酸类成分则是其酸味的主要物质基础, 这些成分可作为基于配伍环境的 Q-Marker 候选。

综上所述, 根据草苈蓉的可测性、特有性、传递性与溯源性、有效性和处方配伍的“五原则”, 预测草苈蓉纳拉昔、草苈蓉昔 B、红景天昔、棕榈酸、咖啡酸、齐墩果酸、肉桂酸、没食子酸、多糖成分可作为其 Q-Marker。

4 结语

草苈蓉是一味临床药用价值较高的中药, 其化学成分丰富、药理作用广泛, 具有良好的开发价值与发展前景。其中, 苯乙醇苷类、环烯醚萜类是草苈蓉的主要活性成分, 具有神经保护、抗病毒、抗氧化、保肝护肝、拟雌激素等作用; 多糖也是其主要活性成分之一, 主要具有调节免疫活性、抗氧化、抗衰老等功效。本文通过对草苈蓉的化学成分与药理作用进行综述分析, 结合 Q-Marker 概念, 从可测性、特有性、传递性、有效性及与中医药理论配伍环境的相关性 5 个维度, 对草苈蓉的 Q-Marker 进行了系统预测, 推测草苈蓉中的草苈蓉纳拉昔、草苈蓉昔 B、红景天昔、棕榈酸、咖啡酸、齐墩果酸、肉桂酸、没食子酸、多糖成分可作为其 Q-Marker。

未来将以建立草苈蓉专属指纹图谱、开发上述候选成分的定量测定方法为核心研究内容, 进一步确认这些 Q-Marker 的可靠性; 同时, 深入探究草苈蓉纳拉昔等环烯醚萜苷类成分的神经保护通路, 并结合基因敲除或抑制剂实验验证其关键靶点。此外, 草苈蓉作为滋补类中药, 目前关于其补肾壮阳传统功效的研究较为匮乏, 后续将重点开展草苈蓉

拟雄性激素的药理作用研究, 明确其发挥拟雄性激素作用的物质基础, 并为临床合理用药提供支撑。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 李时珍. 本草纲目 [M]. 南昌: 二十一世纪出版社, 2014.
Li Shizhen. *Compendium of Materia Medica* [M]. Nanchang: 21st Century Publishing House, 2014.
- [2] 李时珍. 本草纲目精选 [M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1996.
Li Shizhen. *Selected Essentials of Materia Medica* [M]. Beijing: Science and Technology Literature Publishing House, 1996.
- [3] Shyr M H, Tsai T H, Lin L C. Rossicasins A, B and roscaside F, three new phenylpropanoid glycosides from *Boschniakia rossica* [J]. *Chem Pharm Bull*, 2006, 54(2): 252-254.
- [4] Zhang Y, Wu C H, Guo L L, et al. Triglyceride accumulation inhibitory effects of phenylpropanoid glycosides from *Boschniakia rossica* Fedtsch et Flerov [J]. *Fitoterapia*, 2013, 85: 69-75.
- [5] 吴春华, 邓岫, 王涛, 等. 草苈蓉苯丙醇苷类化学成分的研究 [A] // 中药与天然药高峰论坛暨第十二届全国中药和天然药物学术研讨会论文集 [C]. 海口: 中药与天然药高峰论坛暨第十二届全国中药和天然药物学术研讨会论文集, 2012.
Wu C H, Deng S, Wang T, et al. Study on phenylpropanoid glycosides from *Boschniakia rossica* [A] // Proceedings of the Summit Forum on Traditional Chinese Medicine and Natural Medicine and the 12th National Academic Conference on Traditional Chinese Medicine and Natural Medicine [C]. Haikou: Proceedings of the Summit Forum on Traditional Chinese Medicine and Natural Medicine and the 12th National Academic Conference on Traditional Chinese Medicine and Natural Medicine, 2012.
- [6] Konishi T, Narumi Y, Watanabe K, et al. Comparative studies on the constituents of a parasitic plant and its host. III. On the constituents of *Boschniakia rossica* FEDTSCH. et FLEROV. (2) [J]. *Chem Pharm Bull*, 1987, 35(10): 4155-4161.
- [7] Zhang L, Zhao Y S, Wang Z A, et al. The genus *Boschniakia* in China: An ethnopharmacological and phytochemical review [J]. *J Ethnopharmacol*, 2016, 194: 987-1004.
- [8] 王维刚, 王芑, 阳志强, 等. 毛蕊花糖苷药理作用研究进展 [J]. *国际药学研究杂志*, 2020, 47(12): 1078-1087.

- Wang W G, Wang P, Yang Z Q, et al. Pharmacological effects of verbascoside: Research advances [J]. J Int Pharm Res, 2020, 47(12): 1078-1087.
- [9] Sakan T, Hayashi Y, Honda Y, et al. Structure and stereochemistry of boschniakine, boschnialactone, and boschnialinic acid, an oxidation product of boschnialactone [J]. Tetrahedron, 1967, 23(12): 4635-4652.
- [10] 吴春华, 李春梅, 陈凤, 等. 草苳蓉中 2 个单萜苷类化合物的 NMR 研究 [J]. 波谱学杂志, 2013, 30(2): 247-255.
- Wu C H, Li C M, Chen F, et al. NMR characterization of two monoterpene glycosides isolated from *Boschniokia rossica fedtsch et flerov* [J]. Chin J Magn Reson, 2013, 30(2): 247-255.
- [11] 吕鑫. 草苳蓉化学成分的研究进展 [J]. 黑龙江科技信息, 2014(18): 80.
- Lü X. Research progress on chemical constituents of *Boschniokia rossica* [J]. Heilongjiang Sci Technol Inf, 2014(18): 80.
- [12] 刘景河, 梁忠岩. 草苳蓉化学成分与药理研究进展 [J]. 特产研究, 2001, 23(4): 55-58.
- Liu J H, Liang Z Y. Research progress on chemical constituents and pharmacology of *Boschniokia rossica* [J]. Spec Wild Econ Anim Plant Res, 2001, 23(4): 55-58.
- [13] 金爱花, 朱洁波, 全吉淑. 草苳蓉纳拉昔对 SMMC-7721 肝癌细胞上皮-间质转化的抑制作用 [J]. 中国比较医学杂志, 2024, 34(11): 11-18.
- Jin A H, Zhu J B, Quan J S. *Boschniokia rossica* boschnaloside inhibition of epithelial-mesenchymal transition of hepatoma SMMC-7721 cells [J]. Chin J Comp Med, 2024, 34(11): 11-18.
- [14] 桂明玉, 张宏桂, 金永日, 等. 草苳蓉化学成分的研究 [J]. 中国药学杂志, 1997, 32(4): 204-206.
- Gui M Y, Zhang H G, Jin Y R, et al. Chemical constituents from *Boschniokia rossica* [J]. Chin Pharm J, 1997, 32(4): 204-206.
- [15] 易以军, 曹正中, 吴厚铭, 等. 草苳蓉化学成分的研究 [J]. 药学学报, 1999, 34(9): 686-698.
- Yi Y J, Cao Z Z, Wu H M, et al. Studies on the chemical constituents of *Boschniokia rossica fedtsch et flerov* [J]. Acta Pharm Sin, 1999, 34(9): 686-698.
- [16] Yim S H, Kim H J, Liu Y Z, et al. A novel iridoid from *Boschniokia rossica* [J]. Chem Pharm Bull, 2004, 52(2): 289-290.
- [17] 董长颖, 于加平. 草苳蓉中四种活性成分的提取与分析 [J]. 湖北农业科学, 2012, 51(16): 3579-3583.
- Dong C Y, Yu J P. The extraction and content determination of four active components in *Boschniokia rossica* [J]. Hubei Agric Sci, 2012, 51(16): 3579-3583.
- [18] Konishi T, Shoji J. Studies on the constituents of *Boschniokia rossica Fedtsch. et Flerov*. I. Isolation and structures of new phenylpropanoid glycosides, rossicasides B, C and D [J]. Chem Pharm Bull, 1981, 29(10): 2807-2815.
- [19] 桂明玉, 张宏桂, 吴广宣, 等. 草苳蓉脂肪酸成分分析 [J]. 白求恩医科大学学报, 1995(2): 149-151.
- Gui M Y, Zhang H G, Wu G X, et al. Analysis of fatty acid composition of *Boschniokia rossica* [J]. J Norman Bethune Univ Med Sci, 1995(2): 149-151.
- [20] 李向高, 郑友兰. 草苳蓉挥发油成分的研究 [J]. 中成药研究, 1985, 7(5): 29-30.
- Li X G, Zheng Y L. Study on the components of volatile oil from *Boschniokia rossica* [J]. Chin Tradit Pat Med, 1985, 7(5): 29-30.
- [21] 宋莉欢, 杨辉萍, 杨雪晶. 草苳蓉不同部位及酒蒸前后含总多糖量测定 [J]. 哈尔滨商业大学学报(自然科学版), 2025, 41(2): 139-142.
- Song L H, Yang H P, Yang X J. Determination of total polysaccharide content in different parts of *Boschniokia Rossica* and raw and wine steam-processed products from *Boschniokia Rossica Herba* [J]. J Harbin Univ Commer Nat Sci Ed, 2025, 41(2): 139-142.
- [22] 孙仓, 常桂英. 草苳蓉碱提多糖的分析 [J]. 药物分析杂志, 2007, 27(1): 87-89.
- Sun C, Chang G Y. Analysis to the *Boschniokia rossica* polysaccharide extracted with alkalkaline [J]. Chin J Pharm Anal, 2007, 27(1): 87-89.
- [23] 常桂英, 孙仓, 矫艳春. 草苳蓉花序水溶性多糖的研究 [J]. 通化师院学报, 1997, 18(6): 50-52.
- Chang G Y, Sun C, Jiao Y C. Study on water-soluble polysaccharide in the inflorescence of *Boschniokia* [J]. J Tonghua Teach Coll, 1997, 18(6): 50-52.
- [24] 魏民, 张丽萍, 梁忠岩, 等. 草苳蓉根、茎水溶性多糖 BRT 的分离与鉴定 [J]. 东北师大学报(自然科学版), 2003, 35(1): 74-77.
- Wei M, Zhang L P, Liang Z Y, et al. Purification and characterization on water soluble polysaccharides BRT isolated from the stem and the root of wild *Boschniokia rossica* [J]. J Northeast Norm Univ Nat Sci Ed, 2003, 35(1): 74-77.
- [25] Yang M H, Li X F, Du X Y, et al. Ultrasound-Assisted extraction and purification of polysaccharides from *Boschniokia rossica*: Structural Characterization and antioxidant potential [J]. Ultrason Sonochem, 2025, 118: 107364.

- [26] 刘洋. 肉苁蓉、草苁蓉活性成分和指纹图谱研究 [D]. 吉林大学, 2013.
Liu Y. Study on active components and fingerprint of *Cistanche deserticola* and *Boschniakia rossica* [D]. Jilin: Jilin University, 2013.
- [27] Liu Y, Sheng Y, Yuan G X, et al. Purification and physicochemical properties of different polysaccharide fractions from the water extract of *Boschniakia rossica* and their effect on macrophages activation [J]. *Int J Biol Macromol*, 2011, 49(5): 1007-1011.
- [28] 李树殿, 武逵, 张君伟. 长白山草苁蓉化学成分研究: II、糖类成分的分析 [J]. *中药材*, 1987, 10(2): 42-43.
Li S D, Wu K, Zhang J W. Studies on chemical constituents of *Boschniakia rossica* in Changbai Mountain II. Analysis of sugar constituents [J]. *J Chin Med Mater*, 1987, 10(2): 42-43.
- [29] 伍海鹰, 宫晓光, 黄海, 等. 草苁蓉根茎多糖的抗肝癌作用及相关机制 [J]. *海南医学*, 2011, 22(20): 22-24.
Wu H Y, Gong X G, Huang H, et al. Anti-liver cancer effect and related mechanism of *Boschniakia rossica* rhizome polysaccharide [J]. *Hainan Med J*, 2011, 22(20): 22-24.
- [30] 侯元, 霍德胜, 魏艳君, 等. 草苁蓉多糖的抗肿瘤作用及免疫调节作用 [J]. *吉林大学学报(医学版)*, 2007, 33(6): 1022-1025.
Hou Y, Huo D S, Wei Y J, et al. Anti-tumor function and immuno-regulatory function of *Boschniakia rossica* polysaccharide [J]. *J Jilin Univ Med Ed*, 2007, 33(6): 1022-1025.
- [31] Wang Z H, Lu C X, Wu C Q, et al. Polysaccharide of *Boschniakia rossica* induces apoptosis on laryngeal carcinoma Hep2 cells [J]. *Gene*, 2014, 536(1): 203-206.
- [32] 崔静, 王帅帅, 曹萌萌, 等. 草苁蓉多糖提取物对喉癌细胞增殖、迁移及程序性死亡分子 1/程序性死亡配体-1 水平的研究分析 [J]. *中国耳鼻咽喉头颈外科*, 2021, 28(8): 492-496.
Cui J, Wang S S, Cao M M, et al. Effect of *Cistanche deserticola* extract on proliferation, migration and PD-1/PD-L1 level of laryngeal carcinoma cells [J]. *Chin Arch Otolaryngol Head Neck Surg*, 2021, 28(8): 492-496.
- [33] Wang Z H, Wu B J, Zhang X H, et al. Purification of a polysaccharide from *Boschniakia rossica* and its synergistic antitumor effect combined with 5-Fluorouracil [J]. *Carbohydr Polym*, 2012, 89(1): 31-35.
- [34] 汪霞, 周微, 李天, 等. 草苁蓉环烯醚萜苷对肝癌前病变大鼠血清标志酶及抗氧化活性的影响 [J]. *食品科技*, 2010, 35(7): 242-245.
Wang X, Zhou W, Li T, et al. Effect of iridoid glucosides from *Boschniakia rossica* on serum marker enzymes and antioxidative activities of rat with hepatic preneoplasia [J]. *Food Sci Technol*, 2010, 35(7): 242-245.
- [35] 金爱花, 朴龙, 尹学哲, 等. 草苁蓉环烯醚萜苷对 H22 小鼠肝癌移植瘤的抑瘤作用 [J]. *中草药*, 2012, 43(2): 332-335.
Jin A H, Piao L, Yin X Z, et al. Anti-tumor effect of iridoid glucosides from *Boschniakia rossica* in H22-bearing mice [J]. *Chin Tradit Herb Drugs*, 2012, 43(2): 332-335.
- [36] 王秋燕, 王晶, 倪颖, 等. 草苁蓉水萃取物对小鼠肝癌移植瘤的生长抑制作用 [J]. *延边大学医学学报*, 2012, 35(2): 107-109.
Wang Q Y, Wang J, Ni Y, et al. Growth inhibitive effects of aqueous fraction from the ethanolic extract of *Boschniakia rossica* in H22 bearing mice [J]. *J Med Sci Yanbian Univ*, 2012, 35(2): 107-109.
- [37] 尹学哲, 许惠仙, 金爱花, 等. 草苁蓉环烯醚萜苷对移植鳞癌 VX2 荷瘤兔的抑瘤作用 [J]. *中国实验方剂学杂志*, 2010, 16(6): 134-136, 140.
Yin X Z, Xu H X, Jin A H, et al. Anti-tumor effect of iridoid glucosides from *Boschniakia rossica* in VX2-bearing rabbits [J]. *Chin J Exp Tradit Med Form*, 2010, 16(6): 134-136, 140.
- [38] 许惠仙, 金延华, 金爱花, 等. 草苁蓉环烯醚萜苷对兔 VX2 移植瘤细胞增殖和凋亡的作用 [J]. *延边大学医学学报*, 2011, 34(3): 169-172.
Xu H X, Jin Y H, Jin A H, et al. Effects of iridoid glucosides from the *Boschniakia rossica* on proliferation and apoptosis of transplanted with VX2 tumor cells in rabbits [J]. *J Med Sci Yanbian Univ*, 2011, 34(3): 169-172.
- [39] 崔香丹, 郑峰, 朱洁波, 等. 草苁蓉环烯醚萜苷含药血清诱导人肝癌 SMMC-7721 细胞凋亡中 PI3K/Akt 通路的作用 [J]. *食品工业科技*, 2018, 39(1): 77-81.
Cui X D, Zheng F, Zhu J B, et al. The effect of PI3K/Akt pathway in the apoptosis of human hepatoma MMC-7721 cells induced by serum containing Iridoid glycosides from *Boschniakia rossica* [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2018, 39(1): 77-81.
- [40] 朱洁波, 崔香丹, 王知广, 等. 对草苁蓉环烯醚萜苷抑制人肝癌细胞进行上皮-间质转化机理的研究 [J]. *当代医药论丛*, 2019, 17(12): 171-173.
Zhu J B, Cui X D, Wang Z G, et al. To study the mechanism of inhibiting epithelial-mesenchymal transition of human hepatocellular carcinoma cells by *Boschniakia rossica* iridoid glycosides [J]. *Contemp Med Symp*, 2019, 17(12): 171-173.
- [41] 董学花, 延光海, 朱洁波, 等. 草苁蓉环烯醚萜苷联合 5-氟尿嘧啶对人肝癌 HepG2、SK-Hep1 细胞上皮间质

- 转化的抑制效果研究 [J]. 中草药, 2020, 51(17): 4498-4505.
- Dong X H, Yan G H, Zhu J B, et al. Inhibitory effects of iridoid glycosides from *Boschniakia rossica* combined with 5-fluorouracil on human hepatoma HepG2 and SK-Hep1 cells epithelial-mesenchymal transition [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2020, 51(17): 4498-4505.
- [42] 金延华, 刘春彦, 金爱花, 等. 草苳蓉苯丙素苷对肺癌细胞周期分布和凋亡的影响 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2011, 17(7): 213-216.
- Jin Y H, Liu C Y, Jin A H, et al. Effect of phenylpropanoid glycosides from *Boschniakia rossica* on cell cycle distribution and apoptosis of lung carcinoma cell [J]. Chin J Exp Tradit Med Form, 2011, 17(7): 213-216.
- [43] Yin Z Z. Effect of *Boschniakia rossica* on expression of GST-P, p53 and p21ras proteins in early stage of chemical hepatocarcinogenesis and its anti-inflammatory activities in rats [J]. World J Gastroenterol, 2000, 6(6): 812.
- [44] 许惠仙, 徐俊萍, 尹学哲. 草苳蓉联合长春瑞滨化疗对 VX2 移植瘤的抑瘤作用乃机制研究 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2011, 17(6): 200-202.
- Xu H X, Xu J P, Yin X Z. Inhibitory effect and mechanism of *Boschniakia rossica* combined with vinorelbine chemotherapy on growth of VX2 transplanted tumor [J]. Chin J Exp Tradit Med Form, 2011, 17(6): 200-202.
- [45] 薛勇, 颜玉, 朱德全, 等. 草苳蓉甲醇提取物(BR)对大鼠肝癌细胞功能的影响 [J]. 黑龙江医药科学, 2011, 34(5): 1-2.
- Xue Y, Yan Y, Zhu D Q, et al. Effect of *Boschniakia rossica* extract on function of rat hepatoma cells [J]. Heilongjiang Med Pharm, 2011, 34(5): 1-2.
- [46] 宋昊. 草苳蓉乙醇提取物对扑热息痛诱导小鼠急性肝损伤的保护作用 [D]. 延吉: 延边大学, 2015.
- Song H. Protective effect of ethanol extract from *Boschniakia rossica* on acetaminophen-induced acute liver injury in mice [D]. Yanji: Yanbian University, 2015.
- [47] 尹学哲, 许惠仙, 赵文玺, 等. 草苳蓉水萃取物对脂多糖与 D-氨基半乳糖所致小鼠肝脏氧化应激和细胞凋亡的影响 [J]. 食品与生物技术学报, 2013, 32(5): 469-473.
- Yin X Z, Xu H X, Zhao W X, et al. Effect of aqueous fraction of *Boschniakia rossica* on hepatic oxidative stress and hepatocyte apoptosis of mice with acute liver injury induced by lipopolysaccharide and D-galactosamine [J]. J Food Sci Biotechnol, 2013, 32(5): 469-473.
- [48] 赵文玺, 金梅花, 李天, 等. 草苳蓉水萃取物对四氯化碳致肝损伤小鼠肝脏氧化应激的干预作用 [J]. 中国中药杂志, 2013, 38(6): 875-878.
- Zhao W X, Jin M H, Li T, et al. Intervention effect of aqueous fractions from *Boschniakia rossica* on hepatic oxidative stress in mice with liver injury induced by carbon tetrachloride [J]. China J Chin Mater Med, 2013, 38(6): 875-878.
- [49] 杨振凯, 杨阳, 张亚男, 等. 草苳蓉正丁醇及水萃取物对小鼠急性肝损伤的保护作用 [J]. 延边大学医学学报, 2011, 34(2): 105-107.
- Yang Z K, Yang Y, Zhang Y N, et al. Protective effects of butanol soluble and aqueous fractions of *Boschniakia rossica* on acute liver injury in mice [J]. J Med Sci Yanbian Univ, 2011, 34(2): 105-107.
- [50] Quan J S, Yin X Z, Xu H X. *Boschniakia rossica* prevents the carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity in rat [J]. Exp Toxicol Pathol, 2011, 63(1/2): 53-59.
- [51] Quan J S, Piao L, Xu H X, et al. Protective effect of iridoid glucosides from *Boschniakia rossica* on acute liver injury induced by carbon tetrachloride in rats [J]. Biosci Biotechnol Biochem, 2009, 73(4): 849-854.
- [52] Quan J S, Li T, Zhao W X, et al. Hepatoprotective effect of polysaccharides from *Boschniakia rossica* on carbon tetrachloride-induced toxicity in mice [J]. J Clin Biochem Nutr, 2013, 52(3): 244-252.
- [53] 全吉淑. 草苳蓉活性成分保肝作用研究 [D]. 延吉: 延边大学, 2014.
- Quan J S. Study on hepatoprotective effect of active components from *Boschniakia rossica* [D]. Yanji: Yanbian University, 2014.
- [54] Quan J S, Jin M H, Xu H X, et al. BRP, a polysaccharide fraction isolated from *Boschniakia rossica*, protects against galactosamine and lipopolysaccharide induced hepatic failure in mice [J]. J Clin Biochem Nutr, 2014, 54(3): 181-189.
- [55] Quan J S, Piao L, Wang X, et al. Rossicaside B protects against carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity in mice [J]. Basic Clin Pharmacol Toxicol, 2009, 105(6): 380-386.
- [56] 金春丽, 朴熙绪, 李春浩, 等. 草苳蓉乙醇提取物对大鼠肝星状细胞体外增殖与凋亡的影响 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(15): 246-250.
- Jin C L, Piao X X, Li C H, et al. Effect of ethanol extract from *Boschniakia rossica* on proliferation and apoptosis of rat hepatic stellate cell-T6 cultured *in vitro* [J]. Chin J Exp Tradit Med Form, 2012, 18(15): 246-250.
- [57] 李香丹, 金永日, 金海燕, 等. 草苳蓉环烯醚萜苷对大鼠肝纤维化的保护作用及其机制 [J]. 延边大学医学学报, 2016, 39(3): 175-178.
- Li X D, Jin Y R, Jin H Y, et al. Protective effects and the

- mechanisms of *Boschniakia rossica* iridoid glycoside on liver fibrosis in rats [J]. J Med Sci Yanbian Univ, 2016, 39(3): 175-178.
- [58] 潘理会, 李春辉, 孙嘉斌. 草苳蓉及氧化苦参碱治疗肝纤维化的实验研究 [J]. 承德医学院学报, 2005, 22(3): 195-198.
- Pan L H, Li C H, Sun J B. Experimental study on therapeutic effects of *Boschniakia rossica* and oxymatrine on hepatic fibrosis [J]. J Chengde Med Coll, 2005, 22(3): 195-198.
- [59] 迟立超. 草苳蓉多糖的抗炎作用及毒性实验研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2008.
- Chi L C. Study on anti-inflammatory effect and toxicity of polysaccharides from *Boschniakia rossica* [D]. Changchun: Jilin University, 2008.
- [60] 费鸿博, 何海涛, 刘苗苗, 等. 草苳蓉多糖的体内抗炎作用 [J]. 长春师范学院学报(自然科学版), 2014(3): 88-91.
- Fei H B, He H T, Liu M M, et al. The effect of anti-inflammatory from *Boschniakia rossica* polysaccharide *in vivo* [J]. J Changchun Teach Coll, 2014(3): 88-91.
- [61] 马新月, 徐慧, 刁佳雯, 等. 草苳蓉多糖对 THP-1 巨噬细胞炎症反应的抑制作用及其机制 [J]. 吉林大学学报(医学版), 2024, 50(6): 1499-1511.
- Ma X Y, Xu H, Diao J W, et al. Inhibitory effect of *Boschniakia rossica* polysaccharides on THP-1 macrophage inflammation and its mechanism [J]. J Jilin Univ Med Ed, 2024, 50(6): 1499-1511.
- [62] 赵骥民. 草苳蓉多糖结构与抗衰老活性 [Z]. 长春: 长春师范学院, 2009.
- Zhao J M. Structure and anti-aging activity of *Boschniakia rossica* polysaccharides [Z]. Changchun: Changchun Normal University, 2009.
- [63] 尹学哲, 金梅花, 全吉淑. 草苳蓉体外抗氧化活性研究 [J]. 食品科技, 2011, 36(1): 157-159.
- Yin X Z, Jin M H, Quan J S. *In vitro* anti-oxidantive effect of *Boschniakia rossica* [J]. Food Sci Technol, 2011, 36(1): 157-159.
- [64] 李勇, 金明, 尹学哲. 草苳蓉抗脂质过氧化活性研究 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2010, 16(15): 184-186.
- Li Y, Jin M, Yin X Z. Anti-lipid peroxidantive effect of extract from *Boschniakia rossica* [J]. Chin J Exp Tradit Med Form, 2010, 16(15): 184-186.
- [65] 尹学哲, 许惠仙, 金爱花, 等. 草苳蓉对高脂血症兔血脂和抗氧化能力影响 [J]. 中国公共卫生, 2010, 26(10): 1290-1291.
- Yin X Z, Xu H X, Jin A H, et al. Effect of *Boschniakia rossica* on blood lipid and antioxidant capacity in hyperlipidemia rabbits [J]. Chin J Public Health, 2010, 26(10): 1290-1291.
- [66] 尹学哲, 许惠仙, 金爱花, 等. 草苳蓉提取物对高脂血症家兔血浆脂蛋白脂质过氧化的影响 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2010, 16(11): 132-134.
- Yin X Z, Xu H X, Jin A H, et al. Effect of *Boschniakia rossica* extracts on lipid peroxidation of lipoproteins in rabbits with hyperlipidemia [J]. Chin J Exp Tradit Med Form, 2010, 16(11): 132-134.
- [67] 赵卓豪. 草苳蓉乙醇提取物对秀丽隐杆线虫抗衰老作用机制 [D]. 长春: 东北林业大学, 2025.
- Zhao Z H. Mechanism of anti-aging effect of ethanol extract from *Boschniakia rossica* on *Caenorhabditis elegans* [D]. Changchun: Northeast Forestry University, 2025.
- [68] 张海丰, 臧皓, 沈鹏, 等. 草苳蓉正丁醇萃取物的抗氧化活性及物质基础初步研究 [J]. 中草药, 2018, 49(2): 382-388.
- Zhang H F, Zang H, Shen P, et al. Preliminary study on anti-oxidant activities and material base of *n*-butanol extract of *Boschniakia rossica* [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2018, 49(2): 382-388.
- [69] 付艾妮, 周丽莎, 朱书秀. 草苳蓉提取物对阿尔茨海默病大鼠行为学及额叶小胶质细胞的影响 [J]. 中国医院药学杂志, 2011, 31(4): 267-270.
- Fu A N, Zhou L S, Zhu S X. Effect of *Boschniakia rossica* extract on the microglia cells in the frontal lobe and learning and memory ability of AD rats [J]. Chin J Hosp Pharm, 2011, 31(4): 267-270.
- [70] 周丽莎, 朱书秀, 王小月. 草苳蓉提取物对 AD 大鼠海马区 bFGF 及学习记忆的影响 [J]. 陕西中医, 2008, 29(10): 1431-1434.
- Zhou L S, Zhu S X, Wang X Y. Effects of *Boschniakia rossica* extract on bFGF and learning and memory in hippocampus of AD rats [J]. Shaanxi J Tradit Chin Med, 2008, 29(10): 1431-1434.
- [71] 周丽莎, 朱书秀, 王小月. 草苳蓉提取物对阿尔茨海默病模型大鼠海马神经干细胞巢蛋白及学习记忆的影响 [J]. 时珍国医国药, 2008, 19(11): 2671-2673.
- Zhou L S, Zhu S X, Wang X Y. Effects of *Boschniakia rossica* extract on nestin and learning and memory of neural stem cells in hippocampus of rats with Alzheimer's disease [J]. Lishizhen Med Mater Med Res, 2008, 19(11): 2671-2673.
- [72] 周丽莎, 朱书秀, 望庐山. 草苳蓉提取物对阿尔茨海默病大鼠乙酰胆碱及学习记忆能力的影响 [J]. 中国医院药学杂志, 2009, 29(23): 1980-1983.
- Zhou L S, Zhu S X, Wang L S. Influence of *Boschniakia*

- rossica* extract on the content of Ach and the capability of learning and memory in Alzheimer's disease rats [J]. Chin J Hosp Pharm, 2009, 29(23): 1980-1983.
- [73] 刘永镇, 津田整, 保田和美, 等. 草苈蓉对学习记忆和清除自由基作用 [J]. 中草药, 1993, 24(2): 81-82, 88.
Liu Y Z, Tsuda M, Hattori H, et al. The effects of Russian *Boschniakia (Boschniakia rossica)* on learning memory and clearance of free radicals [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 1993, 24(2): 81-82, 88.
- [74] 张艳, 明亮, 章家胜, 等. 草苈蓉的促智作用 [J]. 安徽医科大学学报, 1994, 29(3): 181-183.
Zhang Y, Ming L, Zhang J S, et al. Effects of *Boschniakia rossica* Fedtsch. et Flerov on increase intelligence [J]. Acta Univ Med Anhui, 1994, 29(3): 181-183.
- [75] 陈民. 草苈蓉两种主要活性成分分离及其对小鼠肾虚证的初步研究 [D]. 长春: 东北林业大学, 2020.
Chen M. Isolation of two main active components from *Boschniakia rossica* and preliminary study on kidney-*yang* deficiency syndrome in mice [D]. Changchun: Northeast Forestry University, 2020.
- [76] Mu F S, Chen M, Tian M F, et al. *Effect of Boschniakia Rossica extract on BMP-5 and ActRIIA in mice model of kidney-*yang* deficient* [M]. 2020.
- [77] 姜勇男, 郑承勋, 李红花, 等. 草苈蓉对小鼠抗体分泌细胞的影响 [J]. 延边医学院学报, 1992, 15(3): 170-172.
Jiang Y N, Zheng C X, Li H H, et al. The effect of *Boschniakia rossica* on antibody secreting cells of mice [J]. J Med Sci Yanbian Univ, 1992, 15(3): 170-172.
- [78] 朴玉仁, 姜玉顺, 李英信, 等. 草苈蓉对损伤肝枯否细胞免疫活性的影响 [J]. 中草药, 1994, 25(4): 200-202.
Piao Y R, Jiang Y S, Li Y X, et al. Effect of *Boschniakia rossica* on immune activity of kupffer cells in injured liver [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 1994, 25(4): 200-202.
- [79] 张庆镐, 李红花, 魏成淑, 等. 草苈蓉多糖对小鼠白细胞介素-2 产生的影响 [J]. 延边大学医学学报, 2000, 23(1): 37-38.
Zhang Q G, Li H H, Wei C S, et al. Effects of *Boschniakia rossica* polysaccharides on the generation of interleukin-2 [J]. J Med Science Yanbian Univ, 2000, 23(1): 37-38.
- [80] 陈虹, 黄明伟, 程振东, 等. 草苈蓉多糖下调 *miR-302a-3p* 表达对缺氧/复氧诱导的心肌细胞损伤的影响 [J]. 中国药理学通报, 2023, 39(7): 1241-1247.
Chen H, Huang M W, Cheng Z D, et al. Effect of *Boschniakia rossica* polysaccharides on hypoxia/reoxygenation-induced cardiomyocyte damage by down-regulating *miR-302a-3p* expression [J]. Chin Pharmacol Bull, 2023, 39(7): 1241-1247.
- [81] 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.
- [82] 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.
- [83] 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.
- [84] 陈民, 田梦飞, 冯昌寅, 等. HPLC 法同时测定草苈蓉中草苈蓉纳拉苷和草苈蓉苷 B [J]. 植物研究, 2021, 41(3): 436-440.
Chen M, Tian M F, Feng C Y, et al. Simultaneous determination of baschnaloside and rossicaside B in *Boschniakia rossica* by HPLC [J]. Bull Bot Res, 2021, 41(3): 436-440.
- [85] 张海丰, 逢增玲, 滕坤, 等. HPLC 法测定草苈蓉中齐墩果酸的含量 [J]. 通化师范学院学报, 2014, 35(4): 13-14.
Zhang H F, Pang Z L, Teng K, et al. Determination of oleanolic acid in *Boschniakia rossica* by HPLC [J]. J Tonghua Norm Univ, 2014, 35(4): 13-14.
- [86] 张海丰, 滕坤, 臧皓, 等. 草苈蓉与肉苈蓉中总苷的含量测定比较研究 [J]. 时珍国医国药, 2017, 28(10): 2336-2339.
Zhang H F, Teng K, Zang H, et al. Determination of Total Saponins content in *Boschniakia rossica* and *Herba cistanches* by Spectrophotometry [J]. Lishizhen Med Mater Med Res, 2017, 28(10): 2336-2339.
- [87] 张海丰, 滕云, 周林林, 等. 草苈蓉中红景天苷的含量测定 [J]. 通化师范学院学报, 2017, 38(6): 12-15.
Zhang H F, Teng Y, Zhou L L, et al. Determination of salidroside in *Boschniakia rossica* by HPLC [J]. J Tonghua Norm Univ, 2017, 38(6): 12-15.
- [88] 樊红军, 王辉, 谷杰, 等. 草苈蓉的质量标准研究 [J]. 中国医药指南, 2017, 15(12): 4-5.

- Fan H J, Wang H, Gu J, et al. Study on quality standard of *boschniakia rossica* [J]. Guide China Med, 2017, 15(12): 4-5.
- [89] 容艳芬, 王松, 陈智国, 等. 气相色谱法测定草苈蓉提取物中棕榈酸的含量 [J]. 湖北中医杂志, 2016, 38(9): 70-72.
- Rong Y F, Wang S, Chen Z G, et al. Determination of palmitic acid content in *Boschniakia rossica* extract by gas chromatography [J]. Hubei J Tradit Chin Med, 2016, 38(9): 70-72.
- [90] 张金花, 李占军, 乔俊, 等. 紫外分光光度法测定蒙药草苈蓉中多糖的含量 [J]. 内蒙古医学院学报, 2007, 29(5): 349-351.
- Zhang J H, Li Z J, Qiao J C, et al. Determination of the content of polysaccharide in *Boschniakia rossica* fedtsch by UV spectrophotography [J]. Acta Acad Med Neimongol, 2007, 29(5): 349-351.
- [91] 王晓琴, 黄慧, 李彩峰, 等. 列当属、肉苈蓉属与草苈蓉属药用植物亲缘学初探 [J]. 中国中药杂志, 2018, 43(23): 4608-4621.
- Wang X Q, Huang H, Li C F, et al. Pharmacophylogenetic study of genus *Orobanchaceae* and *Boschniakia* [J]. China J Chin Mater Med, 2018, 43(23): 4608-4621.
- [92] Tadashi T, Aiko S, Liu Y Z, et al. Radical scavenger effect of *Boschniakia rossica* [J]. J Ethnopharmacol, 1994, 41(1/2): 85-90.
- [93] Wu Y T, Lin L C, Sung J S, et al. Determination of acteoside in *Cistanche deserticola* and *Boschniakia rossica* and its pharmacokinetics in freely-moving rats using LC-MS/MS [J]. J Chromatogr B, 2006, 844(1): 89-95.
- [94] 时潇丽, 马静雅, 刘力. 基于 LC-MS/MS 分析鹿角方的入血移行成分 [J]. 中国医院药学杂志, 2019, 39(18): 1827-1832.
- Shi X L, Ma J Y, Liu L. Analysis on migrating components absorbed into blood of Lujiao Formula by LC-MS/MS [J]. Chin J Hosp Pharm, 2019, 39(18): 1827-1832.
- [95] 朱海燕, 杨福权, 左秦川, 等. 基于 UPLC-Q-Orbitrap HRMS 结合网络药理学探讨半夏泻心汤入血成分及治疗脾虚型溃疡性结肠炎的作用机制 [J]. 天然产物研究与开发, 2024, 36(9): 1610-1624.
- Zhu H Y, Yang F Q, Zuo Q C, et al. Blood-absorbed components of Banxia Xiexin Tang and the mechanism of its therapeutic effect on spleen deficiency type ulcerative colitis based on UPLC-Q-Orbitrap HRMS and network pharmacology [J]. Nat Prod Res Dev, 2024, 36(9): 1610-1624.
- [96] 陆小龙, 李龙飞, 李平平, 等. 基于 UPLC-Orbitrap-HRMS 结合网络药理学分析心痛舒喷雾剂入血成分及治疗急性心肌梗死的作用机制 [J]. 药学学报, 2025, 60(10): 3157-3168.
- Lu X L, Li L F, Li P P, et al. Exploring the blood-entry elements of Xintongshu spray and its mechanism of action in treating acute myocardial infarction using UPLC-Orbitrap-HRMS and network pharmacology [J]. Acta Pharm Sin, 2025, 60(10): 3157-3168.
- [97] 能纪娟, 王绍花, 张元元, 等. 基于 UPLC-TOF-MS 分析桂枝茯苓方制剂的入血成分 [J]. 山东中医杂志, 2020, 39(11): 1233-1239.
- Nai J J, Wang S H, Zhang Y Y, et al. Analysis of blood components from Guizhi Fuling preparations based on UPLC-TOF-MS [J]. Shandong J Tradit Chin Med, 2020, 39(11): 1233-1239.
- [98] 刘鉴瑶, 刘海帆, 王敦方, 等. 基于 UHPLC-Q-Excative Orbitrap MS 技术探讨黄连汤治疗反流性食管炎的药效物质基础 [J]. 中药材, 2025, 48(6): 1460-1466.
- Liu J Y, Liu H F, Wang D F, et al. Based on UHPLC-Q-Excitativ Orbitrap technology, this paper discusses the material basis of Huanglian Decoction in treating reflux esophagitis [J]. J Chin Med Mater, 2025, 48(6): 1460-1466.
- [99] 任慧, 郭盛, 张祎盈, 等. 补肺活血胶囊大鼠体内代谢产物鉴定及代谢途径分析 [J]. 中草药, 2023, 54(4): 1051-1063.
- Ren H, Guo S, Zhang Y Y, et al. Metabolite identification and metabolic pathway analysis of Bufei Huoxue Capsules in rats [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2023, 54(4): 1051-1063.
- [100] 刘莉园, 张钊, 葛乃嘉, 等. 草苈蓉多糖对脂多糖诱导的 RAW264.7 巨噬细胞炎症反应的影响 [J]. 中国药理学杂志, 2021, 56(18): 1479-1485.
- Liu L Y, Zhang Z, Ge N J, et al. Effect of *Boschniakia rossica* polysaccharides on LPS-induced inflammation of RAW264.7 macrophages [J]. Chin Pharm J, 2021, 56(18): 1479-1485.
- [101] 华龙, 王晨宇, 姚坤厚, 等. 草苈蓉多糖对人肝癌细胞侵袭迁移的影响及机制 [J]. 解放军医学杂志, 2021, 46(8): 763-770.
- Hua L, Wang C Y, Yao K H, et al. Effect of *Boschniakia Rossica* polysaccharides on the invasion and migration of human hepatocarcinoma cells and its mechanism [J]. Med J Chin People's Liberation Army, 2021, 46(8): 763-770.
- [102] 许惠仙, 徐慧, 全吉淑, 等. 草苈蓉环烯醚萜苷对大鼠肝脏癌前病变的抑制作用及其机制 [J]. 吉林大学学

- 报(医学版), 2025, 51(4): 887-895.
- Xu H X, Xu H, Quan J S, et al. Inhibitory effect of iridoid glycosides from *Boschniakia rossica* on hepatic preneolasia of rats and its mechanism [J]. J Jilin Univ Med Ed, 2025, 51(4): 887-895.
- [103] 严永清, 吴建新. 药物的苦味与归经、作用及化学成分的关系 [J]. 中国现代应用药学, 1987, 4(5): 12-15, 11.
- Yan Y Q, Wu J X. Relationship between bitter taste of drugs and meridian tropism, function and chemical composition [J]. Chin J Mod Appl Pharm, 1987, 4(5): 12-15, 11.
- [104] 周祥禄, 王加锋, 陈乐乐, 等. 酸味中药的味、成分及功用关联性研究 [J]. 山东中医药大学学报, 2021, 45(2): 256-263.
- Zhou X L, Wang J F, Chen L L, et al. Study on correlation of flavor, composition and function of Chinese medicines sour in flavor [J]. J Shandong Univ Tradit Chin Med, 2021, 45(2): 256-263.

[责任编辑 孙英杰]