

鼠尾草属民族药物资源、化学成分及药理活性研究进展

赵飞亚¹, 卢熙奎², 张铃声¹, 尹成龙², 刘雨¹, 简志敏^{1*}, 陶爱恩^{1*}

(1. 丽江文化旅游学院 医学院, 云南 丽江 674199; 2. 大理大学 药学院, 云南 大理 671000)

[摘要] 鼠尾草属是一种常见的民族药用资源,其所属各类中药作为药物治疗疾病的历史悠久,且用途广、药用价值高,具有重要的研究与开发价值。我国有78种鼠尾草植物,其中32个在18个少数民族中使用,具有抗癌活性、镇痛、抗炎、抗辐射活性、保肝活性、抗心血管系统疾病、降血糖、抗氧化、抗病原微生物、抗纤维化、止血、肾脏保护、抗阿尔茨海默病、免疫调节、抗痛风等药效,主要的活性物质基础为酚酸、黄酮、萜类和多糖等成分。鼠尾草属药物资源具有丰富的药用价值和物质基础,但研究与应用方面存在一定的不足。该属民族药物资源中,部分鼠尾草植物的研究基础薄弱,其药用机制和临床应用价值还有待进一步深入挖掘和验证。此外,由于鼠尾草属品种较多,其化学成分和结构类型各异,生物活性也各不相同,使得鼠尾草属植物的质量及品质都有所差异,因而对其质量标准研究还有待进一步完善。因此对鼠尾草属民族药物资源的系统研究和开发利用显得尤为重要。该文通过系统梳理和分析该属植物的药物资源、化学成分、药理活性及相关质量的总结归纳,为该属民族药物资源的深入研究和合理开发提供参考。

[关键词] 鼠尾草属; 民族药用资源; 化学成分; 药理活性

[中图分类号] R284.2; R285; R289; R287; R22; R2-031; R33; R24 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903 (2024)16-0272-12

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.20240812 **[增强出版附件]** 内容详见 <http://www.syfjxzz.com> 或 <http://cnki.net>

[网络出版地址] <https://link.cnki.net/urlid/11.3495.r.20240510.1300.003>

[网络出版日期] 2024-05-11 10:15:03

Medicinal Resources, Chemical Constituents, and Pharmacological Activities of *Salvia* Genus: A Review

ZHAO Feiya¹, LU Xikui², ZHANG Lingsheng¹, YIN Chenglong², LIU Yu¹, JIAN Zhimin^{1*}, TAO Aien^{1*}

(1. School of Medicine, Lijiang College of Culture and Tourism, Lijiang 674199, China;

2. College of Pharmacy, Dali University, Dali 671000, China)

[Abstract] *Salvia* genus is a common ethnic medicinal resource, and the various types of traditional Chinese medicine (TCM) belonging to the *Salvia* genus have a long history of being used for the treatment of diseases. They are widely used and have high medicinal value, making them valuable for research and development. To the 78 species of *Salvia* plants in China, 32 species are used by 18 ethnic minorities, and they have pharmacological effects of anti-cancer, analgesia, anti-inflammation, anti-radiation, liver protection, anti-cardiovascular disease, hypoglycemic effect, oxidation resistance, anti-pathogenic microorganisms, anti-fibrosis, hemostasis, kidney protection, anti-Alzheimer's disease, immune regulation, and anti-gout. The main active substance bases are phenolic acid, flavonoids, terpenoids, and polysaccharides. However, despite the rich medicinal value and material basis of the medicinal resources of the *Salvia* genus, there are still certain

[收稿日期] 2024-02-07

[基金项目] 云南省科技厅面上项目(202301AT070898, 202101AT070001); 校级中青年学术和技术后备人才支持项目(2022xshb05); 丽江市中青年学术和技术后备人才支持项目

[第一作者] 赵飞亚, 从事中药资源与品质研究, E-mail: 1305531253@qq.com

[通信作者] * 简志敏, 硕士, 从事中药新药、质量标准研究, E-mail: 3525414291@qq.com;

* 陶爱恩, 讲师, 从事民族药资源开发与利用研究, E-mail: 2515073996@qq.com

problems in research and application. The research on some *Salvia* plants in this genus of ethnic medicinal resources is still weak, and its medicinal mechanism and clinical application value need to be further explored and verified. In addition, since there are many varieties of *Salvia* genus, with different chemical constituents, structural types, and biological activities, the quality of *Salvia* plants is different, and thus the research on its quality standard needs to be further improved. Therefore, the systematic research and exploitation of the ethnic medicinal resources of the *Salvia* genus are important. In this study, the medicinal resources, chemical constituents, pharmacological activity, and quality of the plants in this genus were systematically sorted out and analyzed, so as to provide a reference for the in-depth research and rational development of the ethnic medicinal resources of this genus.

[**Keywords**] *Salvia* genus; ethnic medicinal resources; chemical constituents; pharmacological activity

民族医药是中医药的重要组成部分,是少数民族长期与疾病作斗争的经验总结^[1]。长期以来,民族药物资源混乱,物质基础研究较为薄弱,质量标准缺乏,一直是制约民族医药产业发展的重要问题。通过系统整理发现我国鼠尾草属有78种,其中的32种在18个少数民族中有应用,如紫丹参、一串红、荔枝草、三叶鼠尾草等。这些植物含有多种成分,包括多糖类、倍半萜类、二萜类、三萜类、黄酮类和多酚类等,具有降血糖、抗炎、抗菌、诱导细胞凋亡、治疗阿尔茨海默病、细胞增殖抑制等作用,是复方荔枝草颗粒、紫丹活血片、丹参益心胶囊、紫灯胶囊、丹莪妇康煎膏、骨风宁胶囊、滇褐毛甘西鼠尾注射、复方甘西鼠尾草注射等700余种中成药的重要原料。近年来,已有学者对该属植物化学成分、药理作用、提取工艺、化学分类等进行综述^[2-5],但是尚未见有关学者对该属民族药用植物资源进行系统整理,并结合化学成分与药理作用探究其资源研究的现状。本研究通过查阅少数民族本草著作,系统整理了该属民族药用植物资源、化学成分的研究进展,结合现代化学药效进行综合分析,以期为鼠尾草属质量标准的建立提供理论指导,同时为鼠尾草属的研究与开发提供科学的依据。

1 我国鼠尾草属少数民族药用资源

32种民族药应用鼠尾草植物包括开萼鼠尾草 *Salvia bifidocalyx*、南丹参 *S. bowleyana*、短冠鼠尾草 *S. brachyloma*、短唇鼠尾草 *S. brevilabra*、钟萼鼠尾草 *S. campanulata*、栗色鼠尾草 *S. castanea*、贵州鼠尾草 *S. cavaleriei*、紫背鼠尾草 *S. cavaleriei* var. *erythrophylla*、血盆草 *S. cavaleriei* var. *simplicifolia*、华鼠尾草 *S. chinensis*、新疆鼠尾草 *S. deserta*、毛地黄鼠尾草 *S. digitaloides*、黄花鼠尾草 *S. flava*、胶质鼠尾草 *S. glutinosa*、荞麦地鼠尾草 *S. kiaometiensis*、洱源鼠尾草 *S. lankongensis*、湄公鼠尾草 *S.*

mekongensi、丹参 *S. miltiorrhiza*、荔枝草 *S. plebeia*、毛唇鼠尾草 *S. pogonochila*、康定鼠尾 *S. prattii*、红根草 *S. prionitis*、甘西鼠尾 *S. przewalskii*、褐毛甘西鼠尾 *S. przewalskii* var. *mandarinorum*、假多叶鼠尾草 *S. pseudopallida*、粘毛鼠尾草 *S. roborowskii*、地梗鼠尾草 *S. scapiformis*、橙色鼠尾草 *S. smithii*、一串红 *S. splendens*、三叶鼠尾草 *S. trijuga*、西藏鼠尾草 *S. wardii*、云南鼠尾草 *S. yunnanensis*。药用部位使用主要为根、茎、叶、花、果或全草。从使用数量看,以藏族使用最多,涉及19种;苗族、土家族和瑶族使用5种;纳西族、彝族使用4种;壮族使用3种;阿昌族、白族、布依族、侗族、哈萨克族、景颇族、傈僳族、毛南族、蒙古族、羌族、畲族使用1种。在功能应用上主要用于心血管系统疾病的治疗。结果见增强出版附加材料^[11-96]。

2 化学成分

目前,已从该属植物民族药物资源中已经分离纯化得到多种化学成分,主要包括多糖、萜类、黄酮类、酚酸类等化合物,涉及300余种化合物,其中萜类、黄酮类及多糖类化合物的含量最高,也是重要的活性成分之一。

2.1 多糖成分 多糖属于植物中的大分子,目前已经从该属民族药物资源中分离纯化得到多个均一多糖。汪红等^[6]从丹参中纯化得到两种浅黄色均一多糖SMP1和SMP0.5,其中SMP1主要以 α -(1 $\rightarrow$ 6)*D*-Glc聚合而成,少量的 α -(1 $\rightarrow$ 2)*D*-Glc聚合而成,SMP0.5主要含有 α -(1 $\rightarrow$ 6)*D*-Glc,由半乳糖、阿拉伯糖、少量鼠李糖、木糖和甘露糖组成。姜媛媛^[7]也从丹参中分离得到SMP-W1,主要由甘露糖、鼠李糖、阿拉伯糖、葡萄糖和半乳糖组成;刘翠平等^[8]研究了从华鼠尾草全草中得到的酸性多糖SC3,相对分子质量为 7.7×10^4 Da,由鼠李糖、阿拉伯糖、半乳糖和半乳糖醛酸组成。另外,文献报道还分离纯化

得到多糖 SMP2、多糖 SMP3、多糖 SMWP-1、粗多糖 CSMPA、CSMPB、CSMPC^[9]。

2.2 萜类成分 萜类化合物作为鼠尾草属植物的主要活性成分之一,已然成为该属植物的研究热点。目前,已有学者从该属植物中分离出纯化得到28个吉玛烷型化合物(1~28)、18个桉烷型化合物(29~46)和1种其他倍半萜(47),分离纯化得到71个松香烷型化合物(48~118)、8个克罗烷型化合物(119~126)、83个其他二萜类化合物(127~209),32个三萜类成分(210~251),主要包括羽扇豆烷型、齐墩果烷型和其他三萜。见增强出版附加材料。

2.3 黄酮、酚酸和其他类化合物 该属民族药物资源成分还涉及黄酮、酚酸、木质素等化合物,目前已从该属植物中分离纯化得到32个黄酮化合物(252~283),主要为黄酮衍生物为主,少量为异黄酮、二氢黄酮等成分。分离纯化得到19个酚性类化合(284~302)。该类化合物具有减轻缺血缺氧所致血管内皮损伤,促进血管内皮增生,改善缺血缺氧所致的心肌细胞损伤,抗动脉粥样硬化,抑制血小板聚集和抗血栓形成,抗炎、降血糖、抗脂质过氧化和清除自由基等作用^[2]。鼠尾草属植物中含有其他类化合物13个(303~315)。MEHMOOD等^[10]从鼠尾草全草的乙醇提取物的三氯甲烷部分中发现了2个木脂素类化合物 salvicins A(290)和 salvicins B(291)。

3 药理作用

鼠尾草属植物以其独特的药理作用和广泛的应用价值,在我国中药领域占据了重要的地位。这类植物分布广泛,历史悠久,被誉为我国的中药瑰宝。近年来,随着科学技术的进步和人们对中药的深入认识,鼠尾草属植物的药理作用主要集中在镇痛抗炎、降血糖、保肝、保护心血管、抑制病原微生物、抗肿瘤、抗氧化、抗纤维化、保护肾脏和足细胞活性等方面。

3.1 抗癌活性 鼠尾草属植物在民族药中应用于癌肿、腹中肿块,如华鼠尾草(壮族使用)、云南鼠尾草。药效研究显示,本属抗癌的药物资源主要涉及华鼠尾草、云南鼠尾草、荔枝草、红根草、南丹参、贵州鼠尾草、栗色鼠尾草、绒毛鼠尾草和丹参,活性物质基础为萜类、多糖和酚酸及其衍生物等活性成分,药理活性研究表明其具有抗癌的活性^[97-100],其主要的机制为抑制增殖、促进凋亡杀伤。雷涛等^[101]表明华鼠尾草多糖能够明显抑制肝癌肿瘤细胞生长,诱导肝癌肿瘤细胞 SMMC-7721 凋亡,存在浓度依赖性;耿慧春^[102]表明云南鼠尾草 7/5/6 环系松香

烷型二萜具有抗肿瘤作用;曲桂武等^[31]发现绒毛鼠尾草化合物 neotanshinone A 可以显著抑制细胞 K562 在 G₀/G₁ 期生长,诱导细胞凋亡,降低线粒体膜电位,减少 B 细胞淋巴瘤(Bcl)-2 和 c-Myc 蛋白表达,增强 Bcl-2 相关 X 蛋白(Bax)的表达和胱天蛋白酶(Caspase)-3 的活性。郑琦等^[103]发现丹参的活性成分,特别是丹参酮类成分具有广泛的抗肿瘤作用,其作用机制与抑制细胞增殖、调控细胞周期、诱导细胞凋亡、抑制血管生成、改变线粒体膜电位、调节信号通路、逆转肿瘤多药耐药等多个环节相关;ZHENG 等^[63]发现贵州鼠尾草 11 α -hydroxyleukamenin E、11-oxoleukamenin E、3, 11-dioxoleukamenin E、11, 12-didehydro leukamenin E 对人肿瘤细胞株 HL-60、SMMC-7721、A-549、MCF-7、SW480 和非癌变细胞系 Beas-2B 有细胞增殖抑制作用;CHEN 等^[104]发现从南丹参中提取的 Sal-B 在增殖和细胞凋亡测定中显示出显著的抗肿瘤活性,尤其对胃癌 HGC-27 和 AGS 细胞系有抑制作用。CHEN 等^[105]发现从丹参根中提取出的化合物 3-keto-4-hydroxysaporthoquinone 对 HL-60 人白血病和 SGC-7901 和 MKN-28 胃癌细胞系表现出细胞增殖抑制作用活性;乐秀芳等^[106]表明红根草邻醌对肿瘤细胞 DNA 合成有中等抑制作用,对 RNA 合成的抑制显示明显的量效关系;LANG 等^[107]表明红根草化合物修饰产物 Salvicine 具有抗乳腺癌作用,可能下调 mRNA 和蛋白质水平,并极大地抑制应激纤维的形成和 MDA-MB-435 细胞的侵袭性,并显著阻断 RhoA 和 RhoC 从胞质溶胶到膜的易位。黄文亮等^[108]表明荔枝草水提物与 X 线放疗合用对结直肠癌生长具有抑制作用,其机制与下调 VEGF、Survivin 表达有关。ZHUANG 等^[109]研究了云南丹参分离的 6-羟基硫醇的抗血管生成作用和抗肿瘤活性。结果表明在浓度为 0.32 mmol·L⁻¹ 时,6-羟基硫醇抑制细胞增殖至 76.2%。6-羟基硫醇显著降低了细胞的迁移能力,抑制 CAM 模型上的血管生成。陈兴广等^[110]表明红根草中化合物齐墩果酸、常春藤皂苷元、2 α , 3 α , 24-三羟基-12-烯-28-乌苏酸对人膀胱癌细胞 EJ 细胞有较强抑制作用,齐墩果酸、23-羟基齐墩果酸、常春藤皂苷元对人胰腺癌细胞株 PANC-1 细胞有良好抑制作用。

3.2 镇痛、抗炎、抗辐射活性 药效研究显示,该属涉及抗炎、镇痛活性资源主要为一串红、毛地黄鼠尾草、荔枝草、紫背鼠尾草、红根草等,药效物质基础主要为黄酮类和酚酸类,如单体化合物黄芩素、

槲皮素、绿原酸、salviatalin A、齐墩果酸、熊果酸等,其主要机制为激活中性粒细胞,抑制超氧化物阴离子、减少炎症相关因子的释放等有关。WU等^[53]发现毛地黄鼠尾草中 salviatalin A 具有抗炎作用,而且对 GMLP/CB 激活的人类中性粒细胞,具有很强的抑制超氧化物阴离子产生的作用;孔庆新等^[111]表明荔枝草乙酸乙酯提取物在 $6.252\ 5\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$,可显著抑制脂多糖(LPS)刺激的 RAW264.7 细胞炎症因子前列腺素 $\text{E}_2(\text{PGE}_2)$ 、一氧化氮(NO)、肿瘤坏死因子- α (TNF- α)和白细胞介素(IL)-6 的释放水平,且具有量效关系。另外,进一步研究显示,荔枝草乙酸乙酯提取物也能显著抑制 Toll 样受体 4(TLR4)、髓样分化蛋白 88(MyD88)和核转录因子- κB (NF- κB) p65 蛋白和 mRNA 水平的表达,表明其通过 TLR4 信号通路减少炎症相关因子的释放从而发挥抗炎的作用。另一研究中,徐鹏等^[112]表明紫背鼠尾草乙醇总提取物抗炎镇痛作用显著,并且该作用随用量增加而增强。陈兴广等^[110]表明红根草中齐墩果酸、熊果酸对 NO 生成抑制率达到 60% 以上,表现出较强的抗炎活性。张红霞^[113]研究表明荔枝草提取物能够明显减轻因醋酸过量引起的急性小鼠上下腹部扭体痛发作次数,并减少体内血液热板度的升高,同时还可以降低引起体温上升的小鼠痛阈。

3.3 保肝活性 该属药用植物所涉及保肝活性资源主要为华鼠尾草、丹参和荔枝草等,药效物质基础主要为酚酸和多糖,包括活性单体荔枝草、黄芩素、槲皮素和绿原酸,主要机制与抗氧化、使肝组织中 TNF- α 和 IL- 1β 恢复至正常水平等有关。CHEN 等^[114]研究指出华鼠尾草酚酸对四氯化碳诱导的小鼠急性肝损伤具有保护作用,其肝保护作用可能与抗氧化特性相关,主要通过增强组织的抗氧化能力,减少脂质过氧化,保护细胞膜免受损害。另外,SONG 等^[115]研究表明丹参多糖对免疫性肝损伤具有保护作用,可以有效改善肝脏指数、脾脏指数和胸腺指数,降低血清丙氨酸转氨酶、天门冬氨酸转氨酶(AST)和一氧化氮水平,使肝组织中 TNF- α 和 IL- 1β 恢复至正常水平;此外,亦有研究发现从丹参中分离得到的化合物 IH764-3 能够减少肝组织中的羟脯氨酸,同时降低基质金属蛋白酶抑制剂-1(TIMP-1)与转化生长因子- β_1 (TGF- β_1)蛋白的表达,表明化合物 IH764-3 可减轻胆总管结扎大鼠的肝纤维化程度,其作用机制是抑制 TIMP-1 与 TGF- β_1 的表达^[116]。高卉等^[117]研究表明丹参可显著降低肾脏梗阻性黄疸大鼠尿液血清中的总胆红素、直接血总

胆红素、尿素、肌酐及小鼠血浆细胞内皮素-1 的含量水平,有效减轻小鼠肾病理系统损伤,改善小鼠肾上腺功能系统指标。邓云云^[118]研究表明荔枝草中绿原酸通过调节 Wnt 信号通路来治疗硫代乙酰胺(TAA)导致的斑马鱼肝脏发育不良,有明显保肝作用。

3.4 抗心血管系统活性 研究显示,滇丹参、甘西鼠尾、新疆鼠尾草、褐毛甘西鼠尾、丹参、康定鼠尾草、绒毛鼠尾草和荔枝草具有抗心血管系统的作用。多项表明滇丹参、甘西鼠尾和褐毛甘西鼠尾提取物能缓解心肌缺血症状,防止血栓形成,改善微循环障碍^[119-121];进一步研究中甘西鼠尾草对大鼠高原肺动脉高压具有一定的预防作用,其机制可能与抑制肺动脉平滑肌细胞过度增殖和 RhoA/Rho 激酶(ROCK)信号通路过度激活有关,对大鼠高原缺氧性肺、心、肝、脾、肾组织损伤均有明显的预防和保护作用^[122-123];陈华泰^[124]发现新疆鼠尾草提取物对通过凝血素激酶直接诱导的人腹部脐静脉内皮细胞可能具有一定保护性的作用,这可能与抗血小板聚集有关;朱路平^[125]发现甘西鼠尾草中化合物丹参酮 II_A、丹参酮 I、隐丹参酮、丹参二醇 B、马斯里酸、柳杉醇、紫丹参甲素、紫丹参乙素等具有血管新生抑制活性;李强等^[126]发现丹参素能显著有效减少凝血复合酶类所诱导的中性血小板大量聚集,其主要机制是通过抑制血小板蛋白质二硫键异构酶 ERp57 和整合素 $\alpha\text{IIb}\beta_3$ 的相互作用,降低凝血因子 7 的活性,从而有效抑制血栓的形成;金少举等^[127]研究表明荔枝草水提物(WESP)对 MIRI 大鼠心脏具有保护作用,其作用机制可能是通过降低血清肌酸磷酸激酶(CK)、肌酸激酶同工酶(CK-MB)、心肌肌钙蛋白(cTn)T 及 AST 水平及心肌组织 Bax、Caspase-3 蛋白和 mRNA 的表达,升高血清超氧化物歧化酶(SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)、过氧化氢酶(CAT)、总抗氧化能力(T-AOC)水平及 Bcl-2 蛋白和 mRNA 表达;XIA 等^[128]表明康定鼠尾草对用 KCl 预收缩的内皮完整胸主动脉环显示出有效的血管松弛活性;夏凡^[129]从康定鼠尾草分离得到抗血小板聚集活性化合物(1-keto-aethiopinone)其抑制 AA 诱导的兔血小板聚集的半抑制浓度(IC_{50})在 $1.03\sim 2.15\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$,抑制活性比对照药物阿司匹林(IC_{50} 为 $27.69\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)强约 20 倍,并且与阿司匹林相比,松香烷二萜的结构独特,是具有潜在成药前景的抗血小板活性分子;范华英^[130]研究表明丹酚酸 A 能显著增加血小板中环磷酸腺苷的水解含量,降低其在血

液中的黏度,显著抑制凝血酶、腺苷二磷酸、花生四烯酸诱导的血小板聚集,但不影响凝血功能,具有明显生物抗血栓活性;王春玲等^[131]研究表明丹参提取物可通过抗血小板聚集、减轻血管内皮损伤、改善局部微循环、强效抗炎及调节糖、脂代谢等作用进而发挥抗动脉粥样硬化作用;此外,多项研究表明丹参酮Ⅱ_A的硫酸磺化反应产物丹参酮Ⅱ_A磺酸钠溶液能直接溶于醇和水,经多年临床实验试用结果证明了其治疗急性心绞痛临床效果显著^[132-134];丹参素及明丹参酮Ⅱ_A对用于新生大鼠的缺氧性和缺血性及心脑血管损伤有多种神经性的保护抑制作用,还能显著有效降低大鼠脑神经组织中一氧化氮合酶(NOS)、诱导型一氧化氮合酶(iNOS)的有机含量,抑制NO的过量产生,从而可以起到有效保护大鼠脑神经的保护作用^[135-136];进一步研究表明丹参酮Ⅱ_A能有效诱导巨噬泡沫受体细胞中的过氧化物酶体增殖物激活型受体 α (PPAR α)、肝脏X受体 α (LXR α)和三磷酸腺苷结合盒转运体A1(ABCA1)的表达,显著有效抑制巨噬泡沫受体细胞的形成,降低泡沫细胞内碱性胆固醇酯与总体内胆固醇的比值,减少胞内脂质的累积,促进胞内胆固醇酯的外排,能显著有效改善动脉粥样硬化^[137];丹参酮Ⅱ_A能升高大鼠心型蛋白脂肪酸及其结合物与蛋白质的水平,降低大鼠心肌组织缺血修饰蛋白水平,减轻早期大鼠局部心肌组织损伤,并显著有效降低大鼠心律失常者的评分,从而起到有效保护大鼠心脏,抗心律失常的重要作用^[138]。

3.5 降血糖活性 该属民族药用资源具有降血糖药效,主要涉及甘西鼠尾草、荔枝草、一串红、新疆鼠尾草、三叶鼠尾草、柔毛栗色鼠尾草、黄花鼠尾草,这些资源主要含有黄酮和松香烷二萜醌类物质。研究显示,荔枝草提取物对 α -糖苷酶具有抑制作用,进一步的研究发现,其辅酶抑制物对 α -葡萄糖基核苷糖的酶活性抑制效果明显优于阿卡波糖,并且呈现出剂量依赖性^[139]。另外,一项研究表明一串红黄酮三糖苷具有良好的降血糖作用^[140]。在新疆鼠尾草中,丹酚酸K、丹酚酸M和迷迭香酸对抑制人醛糖及其还原酶活性的作用都非常强,特别是丹酚酸K的 IC_{50} 为 $0.63\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ^[141]。此外,研究结果显示甘西鼠尾草的甲醇提取物对大鼠醛糖还原酶有很强的抑制活性, IC_{50} 为 $33.1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ^[142]。同时,亦有研究表明三叶鼠尾草、柔毛栗色鼠尾草、一串红和黄花鼠尾草的松香烷二萜醌具有很强的 11β -HSD1酶抑制作用,同时还可显著地促进T细胞

增殖和抑制骨髓间充质干细胞(MSC)的活性^[143]。另外,研究表明荔枝草中主要成分高车前苷($1\sim 10\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$)能显著抑制了游离脂肪酸诱导的TNF- α 和IL-6 mRNA的表达,抑制了 κ B激酶 β (IKK β)和NF- κ B p65磷酸化,调节IKK β /IRS-1/p-Akt/pe NOS通路,改善游离脂肪酸所致内皮细胞胰岛素抵抗作用,保护血管内皮^[144]。

3.6 抗氧化活性 该属植物抗氧化资源研究涉及南丹参、康定鼠尾草、毛地黄鼠尾草、丹参和甘西鼠尾草,主要活性物质基础为萜类和酚酸类,包括荔枝草、黄芩素、槲皮素、绿原酸、丹酚酸B、丹参素A等活性化合物。其中,南丹参不同部位提取物对DPPH具有抗氧化作用,主要活性成分为丹酚酸B、原儿茶醛、丹参素和丹参酮Ⅱ_A^[145];进一步研究表明丹参水溶性脂肪提取物成分能显著抑制 Fe^{2+} -半胱氨酸和维生素C-NADPH系统反应引起的大鼠肾、肝、脑微粒体的慢性脂质过剩和氧化代谢反应,消除体内超级过氧阴离子,抗氧化活性明显地要强于植物维生素E^[146];薛明等^[147]研究表明甘西鼠尾草中的二萜醌基甲类化合物具有不同程度的碱性抑制氧化作用,其中对醌基甲类化合物对超氧阴离子自由基的氧化抑制作用强于邻近亚醌的种类;张媛燕^[148]表明南丹参根部酚酸类提取物分得丹酚酸B、迷迭香酸等4种化合物,其有较强的抗氧化能力,对人工自由基、氧自由基均具有强的清除能力及对DNA的抗氧化损伤有很好的保护作用,但相比之下,丹酚酸B提取率高,抗氧化活性强;亦有研究发现荔枝草提取物可以有效地抑制 Fe^{2+} 诱导肝线粒体损伤时的脂质过氧化反应和线粒体膨胀,降低蛋白质羰基的量,恢复三磷酸腺苷(ATP)酶的活性,清除线粒体中产生的 $\text{O}_2^{\cdot-}$,并且呈现良好的量效关系^[149];云南鼠尾草及甘西鼠尾草提取物可明显提高提高心肌细胞存活率,有效减少细胞内乳酸脱氢酶漏出量和胞浆内丙二醛(MDA)的含量,并降低细胞内活性氧水平,进而对大鼠H9c2心肌细胞缺氧/复氧损伤起保护作用^[150-151];另外,洪倩等^[152]表明甘西鼠尾草总酚酸提取物(SPE)可通过调节凋亡及细胞周期相关蛋白,增强血管内皮细胞抗凋亡能力和细胞活力,通过抑制单核细胞黏附,降低脂质过氧化,减轻血管内皮细胞氧化应激及炎症损伤等机制,对电离辐射血管内皮细胞损伤具有保护作用。

3.7 抗病原微生物活性 本属植物抗病原微生物资源主要涉及新疆鼠尾草、康定鼠尾草、短冠鼠尾草、甘西鼠尾草、荔枝草等、红根草,其主要物质基

础为萜类、多糖、精油和酚酸类等成分。研究发现,新疆鼠尾草地上部分提取物对大肠埃希菌和金黄色葡萄球菌有较强的抗菌性,其最低抑菌浓度(MIC)均为 $0.235\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ^[153];CHEN等^[105]表明红根草中7,8-seco-abietane diterpene derivative,7,8-seco-para-ferruginone对金黄色葡萄球菌和黄体微球菌的抗菌活性;DANG等^[154]表明康定鼠尾草二萜成分具有抗菌;ZHAO等^[155]研究表明云南鼠尾草多糖硫酸化抗人类免疫缺陷病毒(HIV)活性高于多糖SP1,且抗HIV活性与其硫含量有关;MARIN等^[156]研究表面短冠鼠尾草花萼精油对黑曲霉、须毛癣菌和白色念珠菌的抑菌活性;王继锋^[157]表明荔枝草多糖具有抗病毒活性,其体外机制与抑制生物合成有关,体内机制与上调抗炎因子IL-2、 γ 干扰素含量和下调TNF- α 的含量有关;秦德华等^[158]研究表明甘西鼠尾草*S. przewalskii*中苯丙酸具有抗HIV活性,其根中的迷迭香酸、紫草酸和紫草酸B均具有抗HIV活性;郭秋言等^[159]研究表明当荔枝草醇提物质量浓度为 $675\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时能明显抑制HSV-I所致CPE的产生,体外对HSV-I有一定的抑制作用。

3.8 抗纤维化活性 该属民族药用植物中,抗纤维化资源主要以丹参为主^[160-163]。

3.9 肾脏和足细胞保护活性 该属民族药用植物抗病原微生物资源涉及新疆鼠尾草和新疆鼠尾草,主要活性物质为总酚酸^[164-169]。

3.10 其他活性 除了上述生物活性外,该属民族药用植物的其他药理作用还包括收敛止血、抗腹泻、降尿酸等,这些作用主要涉及血盆草、栗色鼠尾草、甘西鼠尾草和丹参等植物^[170-174]。这些研究结果表明有必要深入其他资源的物质基础与机制的研究。

4 质量控制分析

目前,有关鼠尾草属质量标准的研究还较少。有学者对中国鼠尾草属药用植物亲缘关系进行研究,研究一共涉及鼠尾草属药用植物40种,研究结果表明,丹参酮类和咖啡酰缩酚酸类化合物广泛存在于鼠尾草属植物中,可以作为本属植物的特征化合物,其中紫草酸和丹酚酸B(除美洲鼠尾草亚属植物外)为我国鼠尾草类群特有成分,可用于区别国外鼠尾草类群^[175]。基于原植物亲缘学及化学成分相关性,丹参酮类化合物和酚酸类化合物可能是甘西鼠尾草的质量标志物。亦有学者对新疆鼠尾草的质量标准进行了研究^[171]。

此外,种植产地自然环境与种植方式的不同对

丹参药材的品质也有重要影响,分类方法可对鼠尾草属植物的种类及产地进行判别,并能反映药材的质量变化^[42,151]。该研究通过总结了目前有关鼠尾草属质量的研究,为今后学者对鼠尾草质量标准的建立提供有价值的参考。

5 小结

鼠尾草属作为常见的民族药用资源,具有重要的研究与开发价值。通过系统的梳理与研究,笔者发现我国境内分布的78种鼠尾草植物中,有32个物种被18个不同的少数民族用于治疗各种疾病。这些鼠尾草植物被用于治疗癌症、缓解疼痛、抗炎、抗辐射、保护肝脏、预防心血管系统疾病、降低血糖、抗氧化、抗病原微生物、抗纤维化、止血、保护肾脏和足细胞、对抗阿尔茨海默病、调节免疫、治疗痛风等多种疾病。这些药用功能与民族医学的实践应用大多能够相互印证,为鼠尾草属植物的医疗效果提供了宝贵的经验依据。深入研究发现这些药用效果背后蕴藏着丰富的活性物质基础,如酚酸、黄酮、萜类和多糖等成分。这些化合物在植物中发挥着关键的药理作用,为鼠尾草属植物的药用价值提供了科学依据。然而,尽管鼠尾草属植物的药用资源如此丰富,其研究与开发仍显得相对薄弱。目前,仍有诸如开萼鼠尾草、短冠鼠尾草、短唇鼠尾草、钟萼鼠尾草、西藏鼠尾草、地梗鼠尾草、洱源鼠尾草、胶质鼠尾草、莽麦地鼠尾草、湄公鼠尾草、毛唇鼠尾草、假多叶鼠尾草等物种的药效物质基础尚未得到充分发掘和利用。此外,在民族药中,许多功能应用的物质基础仍有待深入研究。例如,对于治疗血吸虫病、口腔病、阳痿、神经衰弱失眠、肺病、肝病、毒蛇咬伤、哮喘、胃出血等疾病的应用,对其物质基础的了解仍然有限。同时,尽管许多民族药物在功能应用上有所记载,但针对这些功能的物质基础和机制研究仍显得较为浅薄。目前关于鼠尾草属的质量标准尚未明确,因而总结现有关于鼠尾草属质量研究可为今后学者在建立鼠尾草质量标准方面提供了有价值的参考。本研究通过结合民族药的应用考证与物质基础的探究,旨在为该属民族药物资源的开发利用提供参考。期望通过更加系统和深入地研究,进一步挖掘鼠尾草属植物的药用潜力,为人类的健康事业贡献更多的智慧和力量。

【参考文献】

[1] 王居. 中国民族医药的保护与发展[J]. 中国民族,

- 2006(11):52-54.
- [2] 符佳,杨龙飞,梁峻铭,等. 分布于西藏地区的鼠尾草属植物化学成分研究进展[J]. 中国中药杂志, 2017, 42(19):3684-3695.
- [3] 孙运峰,李海娜,周长征,等. 鼠尾草属药用植物多糖的研究进展[J]. 食品与药品, 2010, 12(2):138-141.
- [4] 彭勃,刘建勋. 鼠尾草属植物化学成分及生物活性研究的新进展[J]. 中国中药杂志, 2015, 40(11):2096-2105.
- [5] 李国利,郑斌. 鼠尾草属植物化学成分及提取工艺的研究进展[J]. 广东化工, 2013, 40(12):231-233.
- [6] 汪红,王强,罗辉明,等. 丹参多糖的含量测定及高效毛细管电泳法测定其单糖组分[J]. 中华中医药学刊, 2007, 25(4):827-829.
- [7] 姜媛媛. 丹参药渣多糖的提取及其生物活性和安全性评价[D]. 成都:四川农业大学, 2016.
- [8] 刘翠平,王雪松,方积年. 石见穿多糖SC3的化学研究[J]. 药学报, 2002, 37(3):189-193.
- [9] 陈燕文,尉广飞,胡晶红,等. 丹参多糖的研究概况[J]. 山东中医杂志, 2017, 36(8):725-728.
- [10] MEHMOOD S, FATIMA I, MALIK A. Salvicins A and B, new lignans from *Salvia santolinifolia* [J]. J Asian Nat Prod Res, 2011, 13(7):588-591.
- [11] LI Y, WU Y Q, DU X, et al. Germacrane sesquiterpene esters from *Salvia roborowskii* [J]. Planta Med, 2003, 69(8):782-784.
- [12] LIU Y, LI C, SHI J G, et al. Two New Sesquiterpenes from *Salvia roborowskii* Maxim [J]. Helv Chim Acta, 2009, 92(2):335-338.
- [13] XU G, PENG L Y, LI X L, et al. New Sesquiterpenoids from *Salvia castanea* Diels f. *tomentosa* [J]. Helv Chim Acta, 2005, 88(8):2370-2374.
- [14] XU G, PENG L, HOU A, et al. Isolation, structural elucidation, and chemical transformation of interconvertible 8, 12-hemiketal germacranolide sesquiterpenoids from *Salvia castanea* Diels f. *tomentosa* Stib. [J]. Tetrahedron, 2008, 64(40):9490-9494.
- [15] LAI Y, XUE Y, ZHANG M, et al. Scapiformolactones A-I: germacrane sesquiterpenoids with an unusual Δ^3 -15, 6-lactone moiety from *Salvia scapiformis* [J]. Phytochemistry, 2013, 96:378-388.
- [16] XU G X G, PENG L P L, SHEN X S X, et al. Interconvertible eudesmanolides containing a 6, 12-hemiketal function from *Salvia castanea* Diels f. *tomentosa* Stib [J]. Helv Chim Acta, 2010, 93(9):1773-1778.
- [17] DAI Y, LIU L, XIE G, et al. Four new eudesmane-type sesquiterpenes from the basal leaves of *Salvia plebeia* R. Br [J]. Fitoterapia, 2014, 94:142-147.
- [18] CAO S Y, KE Z L, XI L M. A new sesquiterpene lactone from *Salvia plebeia* [J]. J Asian Nat Prod Res, 2013, 15(4):404-407.
- [19] JANG H J, OH H M, HWANG J T, et al. Eudesmane-type sesquiterpenoids from *Salvia plebeia* inhibit IL-6-induced STAT3 activation [J]. Phytochemistry, 2016, 130:335-342.
- [20] 陈小英,刘章彬,蒋小华,等. 荔枝草中一个新的倍半萜[J]. 广西植物, 2021, 41(11):1850-1854.
- [21] AL-JABER H I, ABROUNI K K, AL-QUDAH M A, et al. New terpenes from *Salvia palaestina* Benth. and *Salvia syriaca* L. growing wild in Jordan [J]. J Asian Nat Prod Res, 2012, 14(7):618-625.
- [22] JIANG H, WANG X, XIAO J, et al. New abietane diterpenoids from the roots of *Salvia przewalskii* [J]. Tetrahedron, 2013, 69(32):6687-6692.
- [23] DON M J, SHEN C C, SYU W J, et al. Cytotoxic and aromatic constituents from *Salvia miltiorrhiza* [J]. Phytochemistry, 2006, 67(5):497-503.
- [24] IKESHIRO Y, HASHIMOTO I, IWAMOTO Y, et al. Diterpenoids from *Salvia miltiorrhiza* [J]. Phytochemistry, 1991(8):2791-2792.
- [25] 杨立新,李杏翠,刘超,等. 甘西鼠尾草中化学成分研究[J]. 药学报, 2011, 46(7):818-821.
- [26] PAN Z H, WANG Y Y, LI M M, et al. Terpenoids from *Salvia trijuga* [J]. J Nat Prod, 2010, 73(6):1146-1150.
- [27] XU G, PENG L Y, ZHAO Y, et al. Two new icetexane diterpenoids from *Salvia przewalskii* [J]. Chem Pharm Bull (Tokyo), 2005, 53(12):1575-1576.
- [28] ZHANG B, HE B, SUN J, et al. Diterpenoids from *Salvia plebeia* R. Br. and their antioxidant and anti-inflammatory activities [J]. Molecules, 2015, 20(8):14879-14888.
- [29] ULUBELEN A, MISKI M, MABRY T J. A New diterpene acid from *Salvia tomentosa* [J]. J Nat Prod, 1981, 44(1):119-124.
- [30] PAN Z, LI Y, WU X, et al. Norditerpenoids from *Salvia castanea* Diels f. *pubescens* [J]. Fitoterapia, 2012, 83(6):1072-1075.
- [31] 曲桂武,岳喜典,安凤山,等. 绒毛鼠尾草化学成分的研究[J]. 中国中药杂志, 2012, 37(13):1985-1989.
- [32] 王洪庆,杨立新,陈晓燕,等. 甘西鼠尾草根化学成分研究[J]. 中药材, 2015, 38(6):1197-1201.
- [33] LIN F L, DAMU A G, WU T. New abietane diterpene alkaloids possessing an oxazole ring from *Salvia trijuga* [J]. ChemInform, 2006, 37(22).
- [34] PAN Z H, CHENG J T, HE J, et al. Splendidins A-C,

- Three new clerodane diterpenoids from *Salvia splendens*[J]. *Helv Chim Acta*, 2011, 94(3):417-422.
- [35] PAN Z, HE J, LI Y, et al. Castanolide and epicastanolide, two novel diterpenoids with a unique seconorabietane skeleton from *Salvia castanea* Diels f. *pubescens* Stib [J]. *Tetrahedron Lett*, 2010, 51 (38) : 5083-5085.
- [36] XU G, PENG L Y, TU L, et al. Three new diterpenoids from *Salvia przewalskii* Maxim [J]. *Helv Chim Acta*, 2009, 92(2):409-413.
- [37] XU G, HOU A, WANG R, et al. Przewalskin A: A new C23 terpenoid with a 6/6/7 carbon ring skeleton from *Salvia przewalskii* Maxim [J]. *Organic Lett*, 2006, 8 (20):4453-4456.
- [38] 朱路平, 向诚, 庄文婷, 等. 甘西鼠尾草化学成分研究 [J]. *天然产物研究与开发*, 2013, 25(6):785-788, 801.
- [39] NAGY G, GÜNTHER G, MÁTHÉ I, et al. Diterpenoids from *Salvia glutinosa*, *S. austriaca*, *S. tomentosa* and *S. verticillata* roots [J]. *Phytochemistry* (Oxford), 1999, 52(6):1105-1109.
- [40] GU L G L, WENG X W X. Antioxidant activity and components of *Salvia plebeia* R. Br. -a Chinese herb [J]. *Food Chem*, 2001, 73(3):299-305.
- [41] KAWAZOE K, TAKAISHI Y, HONDA G, et al. Rearranged abietane-type diterpenes from *Salvia dichroantha* [J]. *Phytochemistry*, 1999, 50 (3) : 493-497.
- [42] 杨阳, 吴志军, 杨颖博, 等. 甘西鼠尾草中三个新的萜类化合物 [J]. *高等学校化学学报*, 2011, 32(6):1318-1322.
- [43] XUE Y, WU Y, ZHU H, et al. Salviprzols A and B, C21- and C22-terpenoids from the roots of *Salvia przewalskii* Maxim [J]. *Fitoterapia*, 2014, 99:204-210.
- [44] AOYAGI Y, YAMAZAKI A, KATO R, et al. Salvileucalin C, a novel rearranged neoclerodane diterpene from *Salvia leucantha* [J]. *Tetrahedron Lett*, 2011, 52(16):1851-1853.
- [45] XUEZHAO L, HOUWEIL, MASATAKEN. Trijuganone A and B: Two new phenanthrenequinones from roots of *Salvia trijuga* [J]. *Planta Med*, 1990, 56(1):87-88.
- [46] 亢文佳, 富艳彬, 李达翊, 等. 荔枝草的化学成分研究 [J]. *中草药*, 2015, 46(11):1589-1592.
- [47] CHRISTENSEN K B, JØRGENSEN M, KOTOWSKA D, et al. Activation of the nuclear receptor PPAR γ by metabolites isolated from sage (*Salvia officinalis* L.) [J]. *J Ethnopharmacol*, 2010, 132(1):127-133.
- [48] YAO F, ZHANG D W, QU G W, et al. New abietane norditerpenoid from *Salvia miltiorrhiza* with cytotoxic activities [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2012, 14 (9) : 913-917.
- [49] EBRAHIMI S N, ZIMMERMANN S, ZAUGG J, et al. Abietane diterpenoids from *Salvia sahendica*-antiprotozoal activity and determination of their absolute configurations [J]. *Planta Med*, 2013, 79(2):150-156.
- [50] XIE T X T, MA S M S, LOU H L H, et al. Two novel abietane norditerpenoids with anti-inflammatory properties from the roots of *Salvia miltiorrhiza* var. *alba* [J]. *Tetrahedron Lett*, 2014, 55(51):7106-7109.
- [51] FRAGA B M, DÍAZ C E, LÓPEZ-RODRÍGUEZ M. Two novel abietane dimers from transformed root cultures of *Salvia broussonetii* [J]. *Tetrahedron Lett*, 2014, 55(4):877-879.
- [52] 夏光惠, 李元平, 毕德文, 等. 荞麦地鼠尾草根中的二萜类成分 [J]. *有机化学*, 2017, 37(10):2772-2775.
- [53] WU S, CHAN H, HWANG T, et al. Salviatalin A and salvitrijudin A, two diterpenes with novel skeletons from roots of *Salvia digitaloides* and anti-inflammatory evaluation [J]. *Tetrahedron Lett*, 2010, 51(32):4287-4290.
- [54] 范敏, 段宝忠, 夏从龙, 等. 椴叶鼠尾草中1个新的克罗烷型二萜化合物 [J]. *中草药*, 2020, 51(18):4610-4613.
- [55] GARCIA-ALVAREZ M C, HASAN M, MICHAVILA A, et al. Epoxysalviacoccin, a neo-clerodane diterpenoid from *Salvia plebeia* [J]. *Phytochemistry*, 1986, 25(1):272-274.
- [56] XU G, HOU A J, ZHENG Y T, et al. Przewalskin B, a novel diterpenoid with an unprecedented skeleton from *Salvia przewalskii* maxim [J]. *Org Lett*, 2007, 9 (2) : 291-293.
- [57] ZHENG H, ZHANG T, ROW K, et al. Tricuspon, a rearranged diterpenoid from *Salvia tricuspis* [J]. *B Korean Chem Soc*, 2012, 33(4):1360-1362.
- [58] MOGHADDAM F M, FARIMANI M M, SEIRAFI M, et al. Sesterterpenoids and other constituents of *Salvia sahendica* [J]. *J Nat Prod*, 2010, 73(9):1601-1605.
- [59] SHAHEEN U Y, HUSSAIN M H, AMMAR H A. Cytotoxicity and antioxidant activity of new biologically active constituents from *Salvia lanigra* and *Salvia splendens* [J]. *Pharmacognosy J*, 2011, 3 (21) : 36-48.
- [60] CHOUDHARY M I, HUSSAIN A, ALI Z, et al. Diterpenoids including a novel dimeric conjugate from *Salvia leriaefolia* [J]. *Planta Med*, 2012, 78 (3) : 269-275.
- [61] KUŽMA L, WYSOKIŃSKA H, RÓŻALSKI M, et al. An unusual taxodione derivative from hairy roots of

- Salvia austriaca*[J]. Fitoterapia, 2012, 83(4): 770-773.
- [62] KUŹMA L, WYSOKIŃSKA H, RÓŹALSKI M, et al. Antimicrobial and anti-biofilm properties of new taxodione derivative from hairy roots of *Salvia austriaca* [J]. Phytomedicine, 2012, 19(14): 1285-1287.
- [63] ZHENG H, CHEN Q, ZHANG M, et al. Cytotoxic ent-kaurane diterpenoids from *Salvia cavaleriei* [J]. J Nat Prod, 2013, 76(12): 2253-2262.
- [64] GIACOMELLI E, BERTRAND S, NIEVERGELT A, et al. Cancer chemopreventive diterpenes from *Salvia corrugata* [J]. Phytochemistry, 2013, 96: 257-264.
- [65] MORIDI FARIMANI M, MAZAREI Z. Sesterterpenoids and other constituents from *Salvia lachnocalyx* Hedge [J]. Fitoterapia, 2014, 98: 234-240.
- [66] FARIMANI M M, MIRAN M. Labdane diterpenoids from *Salvia reuterana* [J]. Phytochemistry, 2014, 108: 264-269.
- [67] BISIO A, SCHITO A M, EBRAHIMI S N, et al. Antibacterial compounds from *Salvia adenophora* Fernald (Lamiaceae) [J]. Phytochemistry, 2015, 110: 120-132.
- [68] RUNGSIMAKAN S, ROWAN M G. Terpenoids, flavonoids and caffeic acid derivatives from *Salvia viridis* L. cvar. Blue Jeans [J]. Phytochemistry, 2014, 108: 177-188.
- [69] 范敏. 三种鼠尾草属植物中二萜的化学成分及生物活性研究[D]. 北京: 中国科学院大学, 2018.
- [70] FAN M, ZHU Y, ZHANG Z, et al. Salvihispin A and its glycoside, two neo-clerodane diterpenoids with neurotrophic activities from *Salvia hispanica* L. [J]. Tetrahedron Lett, 2018, 59(2): 143-146.
- [71] 刘勇, 宋雷, 把文娟. 粘毛鼠尾草三萜类化学成分的研究[J]. 华西药学杂志, 2014, 29(6): 642-644.
- [72] JIANG T F, LV Z H, WANG Y H, et al. On-line concentration by field-enhanced sample injection with reverse migrating micelles in micellar electrokinetic capillary chromatography for the analysis of coumarins from traditional Chinese medicine and human serum [J]. Biomed Chromatogr, 2010, 24(6): 581-587.
- [73] 刘慧清, 王国凯, 林彬彬, 等. 荔枝草全草乙醇提取物的化学成分分析[J]. 植物资源与环境学报, 2013, 22(2): 111-113.
- [74] 鲁学照, 罗厚蔚. 三叶鼠尾草的化学研究[J]. 中国中药杂志, 1996(7): 424-425, 448.
- [75] FARIMANI M M, MOGHADDAM F M, ESMAEILI M A, et al. A lupane triterpenoid and other constituents of *Salvia eremophila* [J]. Nat Prod Res, 2012, 26(21): 2045-2049.
- [76] 霍华珍, 陈绍农, GUIDO F. P, 等. 红根草三萜类化学成分的研究[J]. 广西植物, 2019, 39(4): 516-522.
- [77] WANG N, LUO M N A H. Triterpenoids from *Salvia przewalskii* [J]. Phytochemistry, 1988, 27(1): 299-301.
- [78] 蒋小华, 刘章彬, 霍华珍, 等. 南丹参三萜类化学成分的研究[J]. 广西植物, 2021, 41(7): 1097-1103.
- [79] LIU P, HU P, DENG R X, et al. Triterpenoids from the Flowers of *Salvia miltiorrhiza* [J]. Helv Chim Acta, 2011, 94(1): 136-141.
- [80] GANDOMKAR S, YOUSEFI M, HABIBI Z, et al. A new triterpene from *Salvia xanthocheila* Boiss [J]. Nat Prod Res, 2012, 26(7): 648-653.
- [81] AL-ABOUDI A M, ABU ZARGA M H, ABU-IRMAILEH B E, et al. Three new seco-ursadiene triterpenoids from *Salvia syriaca* [J]. Nat Prod Res, 2015, 29(2): 102-108.
- [82] JIN M R, XU H, DUAN C H, et al. Two new flavones from *Salvia plebeia* [J]. Nat Prod Res, 2015, 29(14): 1315-1322.
- [83] WENG X C, WANG W. Antioxidant activity of compounds isolated from *Salvia plebeia* [J]. Food Chem, 2000, 71(4): 489-493.
- [84] REN D B, QIN Y H, YUN Y H, et al. Separation of nine compounds from *Salvia plebeia* R. Br. using two-step high-speed counter-current chromatography with different elution modes [J]. J Sep Sci, 2014, 37(16): 2118-2125.
- [85] YA-LING H, CHI-FAI C. Improvement in intestinal function of hamsters as influenced by consumption of polysaccharide-rich sage weed extracts [J]. Food Chem, 2012, 133(4): 1618-1623.
- [86] JIN X, LU Y, WEI D, et al. Chemical fingerprint and quantitative analysis of *Salvia plebeia* R. Br. by high-performance liquid chromatography [J]. J Pharmaceut Biomed, 2008, 48(1): 100-104.
- [87] NUGROHO A, KIM M H, CHOI J, et al. *In vivo* sedative and gastroprotective activities of *Salvia plebeia* extract and its composition of polyphenols [J]. Arch Pharm Res, 2012, 35(8): 1403-1411.
- [88] AL-QUDAH M A, AL-JABER H I, ABU ZARGA M H, et al. Flavonoid and phenolic compounds from *Salvia palaestina* L. growing wild in Jordan and their antioxidant activities [J]. Phytochemistry, 2014, 99: 115-120.
- [89] POWELL R D P A. A secoisolariciresinol branched fatty diester from *Salvia plebeia* seed [J]. Phytochemistry, 1978, 17(1): 149-150.

- [90] WU Y B, NI Z Y, SHI Q W, et al. Constituents from *Salvia* species and their biological activities[J]. *Chem Rev*, 2012, 112(11):5967-6026.
- [91] 刘丽,戴铁群,谢国勇,等. 荔枝草根的化学成分研究[J]. *中国药学杂志*, 2014, 49(16):1393-1396.
- [92] LIU C, JIN Y, YU H, et al. Preparation of przewalskinic acid A from salvianolic acid B using a crude enzyme from an *Aspergillus oryzae* strain[J]. *J Ind Microbiol Biotechnol*, 2014, 41(5):887-892.
- [93] LU X L X, XU W X W, NAOKI H N H. Anthraquinones from *Salvia przewalskii* [J]. *Phytochemistry*, 1992(2):708-709.
- [94] LI B, ZHANG C, PENG L, et al. Comparison of essential oil composition and phenolic acid content of selected *Salvia* species measured by GC-MS and HPLC methods[J]. *Ind Crop Prod*, 2015, 69:329-334.
- [95] HABIBI Z, CHERAGHI Z, GHASEMI S, et al. A new highly hydroxylated triterpene from *Salvia atropatana* Bunge[J]. *Nat Prod Res*, 2012, 26(20):1910-1913.
- [96] LI W, ZHOU S, JIN Y, et al. Salvianolic acids T and U: A pair of atropisomeric trimeric caffeic acids derivatives from root of *Salvia miltiorrhiza* [J]. *Fitoterapia*, 2014, 98:248-253.
- [97] 陈姗姗. 丹参抗白血病的网络药理学分析及丹参新酮的细胞实验研究[D]. 济南:山东大学, 2022.
- [98] WANG Y D Z T. Triterpenoids isolated from the aerial parts of *Salvia chinensis* [J]. *Phytochem Lett*, 2009, 2(2):81-84.
- [99] 蔡锡潮,周海玲,覃军,等. 石见穿多糖注射液对Lewis肺癌小鼠肿瘤抑制率研究[J]. *亚太传统医药*, 2015, 11(1):14-15.
- [100] ZHAO Q, HUO X, SUN F, et al. Polyphenol-rich extract of *Salvia chinensis* exhibits anticancer activity in different cancer cell lines, and induces cell cycle arrest at the G₀/G₁-phase, apoptosis and loss of mitochondrial membrane potential in pancreatic cancer cells[J]. *Mol Med Rep*, 2015, 12(4):4843-4850.
- [101] 雷涛,孟繁钦,王艳芳,等. 石见穿化学成分及药理研究进展[J]. *中国医药导报*, 2010, 7(29):9-10, 23.
- [102] 耿慧春. 云南鼠尾草酮 Salviyunnanone 的合成及相关研究[D]. 北京:中国科学院大学, 2013.
- [103] 郑琦,樊慧婷,张英,等. 丹参化学成分分析及其抗肿瘤药理作用的研究进展[J]. *中华中医药学刊*, 2020, 38(4):112-116.
- [104] CHEN B, HUANG C, ZHANG Y, et al. *Salvia bowleyana* Dunn root is a novel source of salvianolic acid B and displays antitumor effects against gastric cancer cells[J]. *Oncol Lett*, 2020, 20(1):817-827.
- [105] CHEN X, DING J, YE Y M, et al. Bioactive abietane and seco-abietane diterpenoids from *Salvia prionitis* [J]. *J Nat Prod*, 2002, 65(7):1016-1020.
- [106] 乐秀芳,韩家炳,沈祖铭,等. 红根草邻醌的体内外抗癌作用研究[J]. *肿瘤*, 1992(2):49-50.
- [107] LANG J Y, CHEN H, ZHOU J, et al. Anti-metastasis effect of salvicine on human breast cancer MDA-MB-435 orthotopic xenograft closely related with down-regulation of Rho[J]. *Cancer Res*, 2004, 64.
- [108] 黄文亮,吴淑芬,周山,等. 荔枝草水提物联合X线放疗对结直肠癌细胞株荷瘤小鼠瘤组织的生长抑制作用[J]. *现代预防医学*, 2019, 46(22):4175-4178, 4188.
- [109] ZHUANG W T, CHENG X, ZHU L P, et al. 6-Hydroxysugiol Isolated from *Salvia yunnanensis* inhibits proliferation and migration of HepG2 cells as well as exhibits potent anti-angiogenic activity[J]. *Lat Am J Pharm*, 2012, 31(10):1457-1463.
- [110] 陈兴广,黄园园,闵建国,等. 壮药材红根草的化学成分及生物活性研究[J]. *中草药*, 2022, 53(17):5276-5282.
- [111] 孔庆新,东方,李思阳,等. 荔枝草乙酸乙酯提取物对LPS诱导的RAW264. 7细胞抗炎作用及相关机制研究[J]. *免疫学杂志*, 2018, 34(9):744-750.
- [112] 徐鹏,许利平,刘长利. 紫背鼠尾草总提物抗炎镇痛作用的研究[J]. *中华中医药学刊*, 2010, 28(4):808-810.
- [113] 张红霞. 荔枝草的药效学研究[J]. *中国民族民间医药*, 2010, 19(1):35-36.
- [114] CHEN P, CUI Y R, DE-FANG L I. Hepatoprotective effects of phenolic acid from *Salvia chinensis* Benth. on CCl₄ induced acute liver injury in mice [J]. *Medicinal Plant*, 2010(4):36-38, 41.
- [115] SONG Y H, LIU Q, LV Z P, et al. Protection of a polysaccharide from *Salvia miltiorrhiza*, a Chinese medicinal herb, against immunological liver injury in mice[J]. *Int J Biol Macromol*, 2008, 43(2):170-175.
- [116] 姜慧卿,王占魁,张晓岚,等. 丹参单体IH764-3对胆总管结扎大鼠胶原降解的作用及其机制[J]. *胃肠病学和肝病学杂志*, 2003, 12(4):336-338.
- [117] 高卉,阮明凤,龙浩成. 丹参对梗阻性黄疸大鼠肾损伤作用的实验研究[J]. *时珍国医国药*, 2006, 17(12):2489-2490.
- [118] 邓云云. 荔枝草和三种多酚类单体物质对斑马鱼肝损伤的修复作用机理研究[D]. 南昌:江西师范大学, 2020.
- [119] 闫彩珍,李惠兰,张荣平,等. 滇丹参、甘西鼠尾、褐毛甘西鼠尾对离体豚鼠心脏的影响[J]. *昆明医学院学报*, 2002, 23(1):14-17.
- [120] 何洪静,李惠兰,张荣平,等. 滇丹参、甘西鼠尾、褐毛

- 甘西鼠尾水提取液对鼠血栓形成及微循环的影响[J]. 天然产物研究与开发, 2003, 15(2): 144-151.
- [121] 张荣平, 李惠兰, 郑春兰, 等. 三种鼠尾草注射液对离体大鼠心肌缺血再灌注损伤的保护作用[J]. 中国血流变学杂志, 2004(1): 18-21.
- [122] 王亚峰, 王爱霞, 王生彪, 等. 甘西鼠尾草对大鼠高原肺动脉高压的干预作用及机制[J]. 中国应用生理学杂志, 2019, 35(6): 533-536.
- [123] 王亚峰, 王爱霞, 严英俊, 等. 甘西鼠尾草对大鼠高原缺氧性组织损伤的保护作用[J]. 中国高原医学与生物学杂志, 2019, 40(1): 45-50.
- [124] 陈华泰. 新疆鼠尾草抗血栓作用活性部位筛选及其对凝血酶诱导的细胞损伤的保护作用研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆医科大学, 2017.
- [125] 朱路平. 甘西鼠尾草化学成分及其血管新生抑制活性的研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2013.
- [126] 李强, 曹陈军, 陈奕, 等. 对丹参素药理作用的研究进展[J]. 当代医药论丛, 2019, 17(10): 16-18.
- [127] 金少举, 黄亚男, 李盘欣, 等. 荔枝草水提物预处理对心肌缺血再灌注损伤大鼠心脏的保护作用[J]. 中国新药与临床杂志, 2022, 41(4): 238-244.
- [128] XIA F, LUO D, WANG T, et al. Vasorelaxant 4, 5-seco-abietane diterpenoids with diverse 6/6/6, 6/6/7, and 6/6/8 architectures from *Salvia prattii* Hemsl [J]. Fitoterapia, 2020, 142: 104521.
- [129] 夏凡. 康定鼠尾草中抗血小板活性松香烷二萜的研究[D]. 昆明: 云南大学, 2020.
- [130] 范华英. 丹酚酸A抗血小板及抗血栓作用的研究[D]. 长春: 吉林大学, 2012.
- [131] 王春玲, 陈阿娣, 秦阳, 等. 丹参提取物抗动脉粥样硬化作用及机制的研究进展[J]. 实用心脑血管病杂志, 2019, 27(6): 8-10.
- [132] 戴新新, 宿树兰, 郭盛, 等. 丹参酮类成分的生物活性与应用开发研究进展[J]. 中草药, 2017, 48(7): 1442-1448.
- [133] YIN Z K, FENG Z M, JIANG J S, et al. Two new tanshinone derivatives from the rhizomes of *Salvia miltiorrhiza* and their antiviral activities[J]. J Asian Nat Prod Res, 2020, 22(1): 24-29.
- [134] ZHOU Z Y, ZHAO W R, ZHANG J, et al. Sodium tanshinone II_A sulfonate: A review of pharmacological activity and pharmacokinetics [J]. Biomed Pharmacother, 2019, 118: 109362.
- [135] 陈广斌, 陈华萍, 吴铁, 等. 丹参素对新生大鼠缺氧缺血性脑损伤组织 iNOS、NOS、NO 的影响[J]. 中国医院药学杂志, 2008, 28(16): 1329-1332.
- [136] 李浩, 刘开祥, 俸军林. 丹参酮 II_A 对脑缺血再灌注损伤大鼠脑组织及血清中 NO 含量及 NOS、iNOS 活性的影响[J]. 中国中医药信息杂志, 2009, 16(1): 40-42.
- [137] 卢德赵, 林韬琦, 王萍儿, 等. 丹参酮 II_A 对泡沫细胞胆固醇平衡的影响[J]. 中国动脉硬化杂志, 2012, 20(5): 402-406.
- [138] 杨萍, 贾钰华, 李杰. 丹参酮 II_A 对缺血再灌注损伤大鼠心律失常及 IMA、H-FABP 水平的影响[J]. 中药新药与临床药理, 2009, 20(6): 517-520.
- [139] 康文艺, 张丽, 陈林, 等. 两种唇形科植物荔枝草和夏至草 α -糖苷酶抑制活性研究[J]. 中成药, 2010, 32(3): 493-495.
- [140] MOHARRAM F A, MARZOUK M S, EL-SHENAWY S M, et al. Polyphenolic profile and biological activity of *Salvia splendens* leaves [J]. J Pharm Pharmacol, 2012, 64(11): 1678-1687.
- [141] 杨建. 新疆鼠尾草的醛糖还原酶抑制作用及其物质基础研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆医科大学, 2005.
- [142] KASIMU R, TANAKA K, TEZUKA Y, et al. Comparative study of seventeen *Salvia* plants: Aldose reductase inhibitory activity of water and MeOH extracts and liquid chromatography-mass spectrometry (LC-MS) analysis of water extracts [J]. Chem Pharm Bull (Tokyo), 1998, 46(3): 500-504.
- [143] 潘争红. 四种鼠尾草属植物的化学成分和生物活性研究[D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2010.
- [144] WU F, WANG H, LI J, et al. Homoplantagin in modulates insulin sensitivity in endothelial cells by inhibiting inflammation [J]. Biol Pharm Bull, 2012, 35(7): 1171-1177.
- [145] 李晶, 沈震亚, 陈超, 等. 南丹参不同提取部位体外抗氧化活性比较[J]. 实用中西医结合临床, 2016, 16(10): 79-80.
- [146] 黄谕森, 张均田. 丹参中三种水溶性成分的体外抗氧化作用[J]. 药学学报, 1992, 27(2): 96-99.
- [147] 薛明, 崔颖, 史彦斌, 等. 甘西鼠尾草二萜醌类及有关中草药单体化合物对超氧自由基的作用[J]. 中兽医医药杂志, 1999(4): 13-16.
- [148] 张媛燕. 南丹参根部酚酸类化合物的分离纯化、鉴定及其抗氧化活性研究[D]. 福州: 福建师范大学, 2016.
- [149] 师梅梅, 杨建雄, 任维. 荔枝草提取物对大鼠肝线粒体损伤的保护作用[J]. 中成药, 2011, 33(10): 1673-1676.
- [150] 韩东岐, 胡伟慧, 金一宝, 等. 云南鼠尾草提取物对大鼠 H9c2 心肌细胞缺氧/复氧损伤的保护作用[J]. 中国药师, 2017, 20(7): 1166-1169.
- [151] 胡伟慧, 金一宝, 韩东岐, 等. 甘西鼠尾草对缺氧/复氧 H9c2 大鼠心肌细胞的保护作用[J]. 沈阳药科大学学报, 2016, 33(2): 140-143, 164.
- [152] 洪倩, 杨阳, 朱斌, 等. 甘西鼠尾草总酚酸提取物对电

- 离辐射血管内皮细胞损伤的保护作用及机制研究[J]. 军事医学, 2021, 45(9): 646-652.
- [153] 史美玲, 武兴康, 李玉梅, 等. 新疆鼠尾草抗菌活性部位的筛选[J]. 广州化工, 2014, 42(6): 65-67.
- [154] DANG J, CUI Y, PEI J, et al. Efficient separation of four antibacterial diterpenes from the roots of *Salvia prattii* using non-aqueous hydrophilic solid-phase extraction followed by preparative high-performance liquid chromatography[J]. *Molecules*, 2018, 23(3): 623.
- [155] ZHAO S L, LI L, CHEN C Y, et al. Structure-activity relationship of anti-HIV-1 of polysaccharides from *Salvia yunnanensis* [C]//Advanced Science and Industry Research Center. Proceedings of 2013 International Conference on Biological, Medical and Chemical Engineering (BMCE 2013. Yunnan College of Traditional Chinese Medicine; Kunming University of Science and Technology, 2013: 5.
- [156] MARIN A, SOKOV I, DRAGOLJU B, et al. Chemical composition and antifungal activities of essential oils from leaves, calyx and corolla of *Salvia brachyodon* Vandas[J]. *J Essent Oil Res*, 2005, 17(2): 227-229.
- [157] 王继锋. 荔枝草多糖的提取分离及抗呼吸道合胞病毒的研究[D]. 济南: 山东中医药大学, 2019.
- [158] 秦德华, 陈鸿珊, 彭宗根, 等. 丹参中的一个新化合物及其抗 HIV 活性[J]. 中草药, 2004, 35(7): 725-728.
- [159] 郭秋言, 徐一, 雷志钧. 荔枝草提取物体外抗单纯疱疹病毒 I 型的研究[J]. 中成药, 2018, 40(4): 946-949.
- [160] 孙宁远, 朱雪林, 陈君. 丹参化学成分抗纤维化药理作用及机制研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志, 2020, 26(22): 201-208.
- [161] 李响, 何巍, 夏书月, 等. 丹参酮 II_A 激活 Nrf2/Nox4 通路减轻脂多糖诱导的小鼠肺炎和纤维化[J]. 解剖科学进展, 2020, 26(1): 79-82.
- [162] 张浩, 徐奕, 王建文, 等. 丹参素对高糖刺激腹膜间皮细胞分泌纤维连接蛋白和 I 型胶原的影响[J]. 中南大学学报: 医学版, 2011, 36(1): 44-50.
- [163] 赵环宇. 鼠尾草酚通过激活 SIRT1/EZH2 信号通路减轻肝脏纤维化[D]. 大连: 大连医科大学, 2019.
- [164] 戴德淑, 刘翔, 杨阳, 等. 甘西鼠尾草总酚酸提取物对嘌呤霉素氨基核苷大鼠足细胞损伤的保护作用[J]. 肾脏病与透析肾移植杂志, 2015(6): 534-539.
- [165] 李敏, 穆建, 王晓梅, 等. 新疆鼠尾草总酚酸对糖尿病大鼠肾脏蛋白激酶 C 活性的影响[J]. 新疆医科大学学报, 2017, 40(1): 75-78.
- [166] 刘翔, 任红旗, 杨阳, 等. 甘西鼠尾草总酚酸提取物抗嘌呤霉素氨基核苷诱导的足细胞氧化应激损伤[J]. 第二军医大学学报, 2016, 37(3): 322-329.
- [167] 柳云. 甘西鼠尾草总酚酸提取物对嘌呤霉素氨基核苷诱导损伤足细胞中 TLR4 表达的影响[D]. 蚌埠: 蚌埠医学院, 2017.
- [168] REN H, HU X, LIU Y, et al. *Salvia przewalskii* extract of total phenolic acids inhibit TLR4 signaling activation in podocyte injury induced by puromycin aminonucleoside *in vitro* [J]. *Ren Fail*, 2018, 40(1): 273-279.
- [169] LIU X, LIU Y, YANG Y, et al. Antioxidative stress effects of *Salvia przewalskii* extract in experimentally injured podocytes[J]. *Nephron*, 2016, 134(4): 253-271.
- [170] SU P J, ZHANG Z P, CUI W B, et al. Polyoxygenated sesquiterpenoids from *Salvia castanea* and their potential anti-Alzheimer's disease bioactivities [J]. *Fitoterapia*, 2021, 151: 104867.
- [171] 罗永江, 薛明, 崔颖, 等. 甘西鼠尾草根水提物抗腹泻效果及对兔离体肠管的影响[J]. 甘肃畜牧兽医, 2000(6): 14-15.
- [172] 刘艳, 孟兆青, 张春风, 等. 丹参降尿酸作用初步实验研究[J]. 海峡药学, 2013, 25(1): 27-29.
- [173] 王韬渊, 那春祺, 赵爱源, 等. 丹酚酸 B 抗疲劳和免疫调节作用研究[J]. 武警后勤学院学报: 医学版, 2012, 21(10): 768-771, 780.
- [174] 陶小艳, 曾沿江, 文莉, 等. 贵州民间草药血盆草止血活性药效初步研究[J]. 贵阳中医学院学报, 2020, 42(4): 36-41.
- [175] 李旻辉. 中国鼠尾草属药用植物亲缘学研究[D]. 北京: 中国协和医科大学, 2009.

[责任编辑 顾雪竹]