

中国锦鸡儿属药用植物研究进展

宋萍¹, 田贵林², 亢诗雯², 赵平², 杨新洲^{2*}

(1 青海民族大学 化学化工学院, 西宁 810007; 2 中南民族大学 药学院, 武汉 430074)

摘要 全球锦鸡儿属植物有90~100种, 中国锦鸡儿属植物有66种, 该属植物具有防风、保水及固沙等经济价值, 部分种具有药用价值. 国内外相关研究报道表明: 锦鸡儿属植物主要含有生物碱类、黄酮类、萜类、二苯乙烯类、脂肪酸及甾醇类等化学成分, 作为药用植物该属植物具有抗肿瘤、抗氧化、抗炎、抗糖尿病、抗病毒及抗菌等药理活性. 本研究对中国锦鸡儿属植物的种类及分布、化学成分和药理作用等方面的研究进展进行了综述.

关键词 锦鸡儿属; 种类分布; 化学成分; 药理活性; 研究进展

中图分类号 R284 文献标志码 A 文章编号 1672-4321(2025)03-0334-09

doi: 10.20056/j.cnki.ZNMDZK.20240747

Research progress in medicinal plants of genus *Caragana* Fabr. in China

SONG Ping¹, TIAN Guilin², KANG Shiwen², ZHAO Ping², YANG Xinzhou^{2*}

(1 School of Chemistry and Chemical Engineering, Qinghai Minzu University, Xining 810007, China;

2 School of Pharmaceutical Sciences, South-Central Minzu University, Wuhan 430074, China)

Abstract There are 90~100 species of *Caragana* Fabr. in the world and 66 species of *Caragana* plants in China. The plants of *Caragana* Fabr. have the economic value of windbreak, water conservation, and sand fixation, and some species have medicinal value. *Caragana* mainly contains alkaloids, flavonoids, terpenoids, stilbenes, fatty acids, and sterols. As medicinal plant, the genus has anti-tumor, anti-oxidation, anti-inflammation, anti-diabetic, anti-virus and anti-bacterial pharmacological activities. In the research, the species, distribution, chemical constituents, and pharmacological effects of *Caragana* Fabr. in China were reviewed.

Keywords *Caragana* Fabr.; species distribution; chemical constituents; pharmacological activity; research progress

锦鸡儿属植物(*Caragana* Fabr.)隶属于豆科(Leguminales), 自然界中大多数以灌木形式存在, 植株高度可达1米, 少部分以乔木形式存在. 通常情况下树皮为褐色, 或有光泽, 其枝小且细长, 托叶以针刺形式存在. 花单生, 花冠黄色时带有红色. 吴国芳主编的《植物学》记载了乔木是锦鸡儿属植物的原始性状, 灌木是其进化后的结果^[1]. 锦鸡儿属植物全球共有98种, 主要分布于半干旱及干旱地带, 例如: 巴基斯坦、印度、尼泊尔、中国、西伯利亚等国家和地区^[2]. 中国该属植物分为11个系, 共有66种9变种12变型^[2], 主要分布在新疆、甘肃、西藏、内蒙古、山西、宁夏及陕西等地^[2]. 锦鸡儿属植物喜光, 耐

干旱, 不耐水涝, 可改善草地沙漠化^[3]. 本属植物大部分有药用价值、经济价值和生态价值. 锦鸡儿在《救荒本草》中首次记载, 在《植物名实图考》中也有记载. 《纲目拾遗》中载: “和血祛风, 亦入乳痈药用.” “大能透发痘疮, 以其得先春之气, 故能解毒攻邪.” “性平, 入肝脾二经.”

该属植物一般用于治疗虚劳咳嗽、头晕耳鸣、腰膝酸软、气虚和痛风等, 具有健脾益肾、和血祛风及解毒等作用^[4]. 本文对我国锦鸡儿属植物资源分布, 该属植物主要化学成分和其药理作用进行了综述.

收稿日期 2024-04-24 *通信作者 杨新洲, 研究方向: 民族药药效物质研究, E-mail: xzyang@mail.scuec.edu.cn

作者简介 宋萍(1965-), 女, 教授, 研究方向: 藏药资源的开发与利用研究, E-mail: spzhe@126.com

基金项目 青海省基础科学研究计划项目(2023-ZJ-922M)

1 锦鸡儿属植物分布

中国锦鸡儿属植物共有 66 种,主要分布在黄河流域以北的干旱地带,以青藏高原为中心的西南西北

地区,少数种分布在长江流域^[5]。根据地形分布类型分为:东亚分布型、青藏高原分布型、间断分布型、蒙新荒漠分布型和中亚分布型^[6]。中国锦鸡儿属具有药用价值被报道的植株类型及其分布和生长环境见表 1。

表 1 中国锦鸡儿属植物种类及分布
Tab. 1 Species and distribution of *Caragana* Fabr. in China^[7-11]

中国锦鸡儿属植物	学名	分布	生长习性	功能主治
小叶锦鸡儿	<i>C. microphylla</i>	山西、陕西、内蒙古、新疆	生长在海拔 1000-2000 米之间的黄土高原及半干旱草原地带的沙区等	眩晕头痛、风湿痹痛、咳嗽痰喘、高血压、咽喉肿痛
中间锦鸡儿	<i>C. intermedia</i>	山西、陕西、宁夏、内蒙古	生长于半固定和固定沙地、黄土丘陵	月经不调、宫颈癌、乳腺癌
树锦鸡儿	<i>C. arborescens</i>	山西、陕西、河北、山东、辽宁	树锦鸡儿性喜光,亦较耐阴,耐寒性强,耐干旱瘠薄,在轻度盐碱土中能正常生长	肾虚耳鸣、血崩、乳汁不畅、风湿骨节疼痛
红花锦鸡儿	<i>C. rosea</i>	东北、浙江、安徽、四川	生长在山坡及沟谷	健脾强胃、活血催乳、利尿通经
鬼箭锦鸡儿	<i>C. jubata</i>	内蒙古、青海、宁夏、西藏	生于海拔 3000-5000 m 的山坡或山顶灌林中	跌仆损伤、风湿、月经不调、乳房发炎
狭叶锦鸡儿	<i>C. stenophylla</i>	内蒙古、甘肃、陕西、宁夏	生长在沙地、黄土丘陵、低山阳坡	风湿、癌症
毛刺锦鸡儿	<i>C. tibetica</i>	甘肃、青海、新疆、宁夏、内蒙古	生于草原地带向荒漠地带过渡的棕钙土或淡棕钙土上	头晕头痛、耳鸣眼花、肺癆咳嗽、小儿疳积
白皮锦鸡儿	<i>C. leucophloea</i>	甘肃、内蒙古、新疆;	生于干山坡、山前平原,海拔 700~2250 米	头痛眩晕、体虚无力、浮肿风湿、跌打损伤
昌都锦鸡儿	<i>C. changduensis</i>	西藏	生于海拔 3150-4300 米的山坡灌丛、河岸	活血化淤、降压、消炎散肿
阿尔泰锦鸡儿	<i>C. altaica</i>	新疆	生长于山坡干旱地	高血压

2 中国锦鸡儿属化学成分

目前,对锦鸡儿属植物的化学成分有文献报道的种有:阿尔泰锦鸡儿(*C. altaica*)、鬼箭锦鸡儿(*C. jubata*)、白皮锦鸡儿(*C. leucophloea*)、毛刺锦鸡儿(*C. tibetica*)、昌都锦鸡儿(*C. changduensis*)、红花锦鸡儿(*C. rosea*)、拧条锦鸡儿(*C. korshinskii*)、树锦鸡儿(*C. arborescens*)、吐鲁番锦鸡儿(*C.*

turfanensis)、狭叶锦鸡儿(*C. stenophylla*)、小叶锦鸡儿(*C. microphylla*)、多刺锦鸡儿(*C. spinosa*)、刺叶锦鸡儿(*C. acanthophylla*)、中间锦鸡儿(*C. intermedia*)等。锦鸡儿属植物主要含有生物碱类、黄酮类、酚类、萜类、二苯乙烯、有机酸、甾体类和香豆素等化学成分。这些活性成分显示出降压、降糖、抗氧化、抗炎、抗肿瘤、抗病毒和抗菌等多种药理作用。不同种的活性成分及其药理作用见表 2。

表 2 锦鸡儿属植物化学成分及药理作用
Tab. 2 *Caragana* Fabr. Phytochemical and pharmacological effects^[12-24]

种名	学名	活性成分	药理作用
阿尔泰锦鸡儿	<i>C. altaica</i>	黄酮类、二苯乙烯类等	降压
鬼箭锦鸡儿	<i>C. jubata</i>	黄酮类、生物碱类	降压、降糖
白皮锦鸡儿	<i>C. leucophloea</i>	酚类、黄酮类	抗氧化、抗菌
毛刺锦鸡儿	<i>C. tibetica</i>	二苯乙烯类	抗肿瘤
昌都锦鸡儿	<i>C. changduensis</i>	黄酮类、异黄酮类及紫檀素类	抗菌、抗肿瘤
红花锦鸡儿	<i>C. rosea</i>	甾醇类、萜类、苯丙素类	抗艾滋病
拧条锦鸡儿	<i>C. korshinskii</i>	生物碱类	改善胰岛素抵抗
树锦鸡儿	<i>C. arborescens</i>	凝集素类	凝血活性
吐鲁番锦鸡儿	<i>C. turfanensis</i>	黄酮类	抗肿瘤活性
狭叶锦鸡儿	<i>C. stenophylla</i>	二苯乙烯类、黄酮类、萜类	抗炎、抗肿瘤
小叶锦鸡儿	<i>C. microphylla</i>	黄酮类	改善脑血管疾病

2.1 生物碱类化合物

生物碱一般含有一个或多个碱性氮原子,是天然的次生代谢物.植物生物碱的形成是由于植物受到病原体和动物的威胁后出现的防御性进化^[25].生物碱一般具有抗菌、抗癌、降压和抗炎等作用^[26-28].锦鸡儿属植物中鉴定出5种生物碱类化合物(图1),从小叶锦鸡儿中提取出的,分别为去氢白莲叶碱(1)、脱氢卡维丁(2)、黄连碱(3)、刻叶紫堇明碱(4)、表小檗碱(5)^[29].

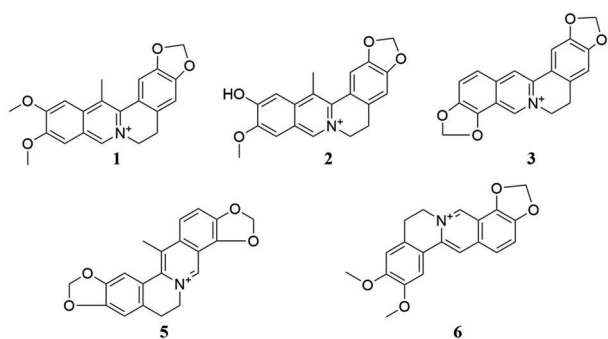


图1 化合物1-5的化学结构

Fig. 1 Chemical structures of compounds 1-5

2.2 黄酮类化合物

黄酮类化合物由吡喃环将两个苯环连接形成十五个碳的骨架,是植物的次生代谢物^[30].黄酮类化合物有抗氧化、抗炎、抗菌、抗病毒和抗癌的药理作用^[31-35].锦鸡儿属植物的黄酮类活性成分有80余种,是种类最多的化合物.大致可以分为黄酮类、异黄酮、二氢异黄酮、查尔酮、紫檀素和黄酮醇类(图2).其中从小叶锦鸡儿植株中提取出芹菜素(6)、木犀草素(7)等黄酮类化合物^[36].在小叶锦鸡儿植株中提取出槲皮素(8)等黄酮醇类化合物^[37-38].在鬼箭锦鸡儿和昌都锦鸡儿植株中提取出7,6'-二羟基-6-甲氧基-3',4'亚甲二氧基异黄酮(9)和樱黄素(10)等异黄酮类化合物^[39-40],甘草素(11)和二氢芹菜素(12)两个二氢异黄酮类化合物^[36,41],异甘草素(13)和、1-(2,4-dihydroxyphenyl)-3-hydroxy-3-(4-hydroxyphenyl)-1-propanone(14)两种查尔酮类化合物^[41],一种查尔酮紫柳查耳酮(15)^[42].宋萍等从锦鸡儿属植物中检测到 maackiain(16)和3-甲氧基-9-羟基紫檀烷(17)等共10种紫檀素类化合物^[43].

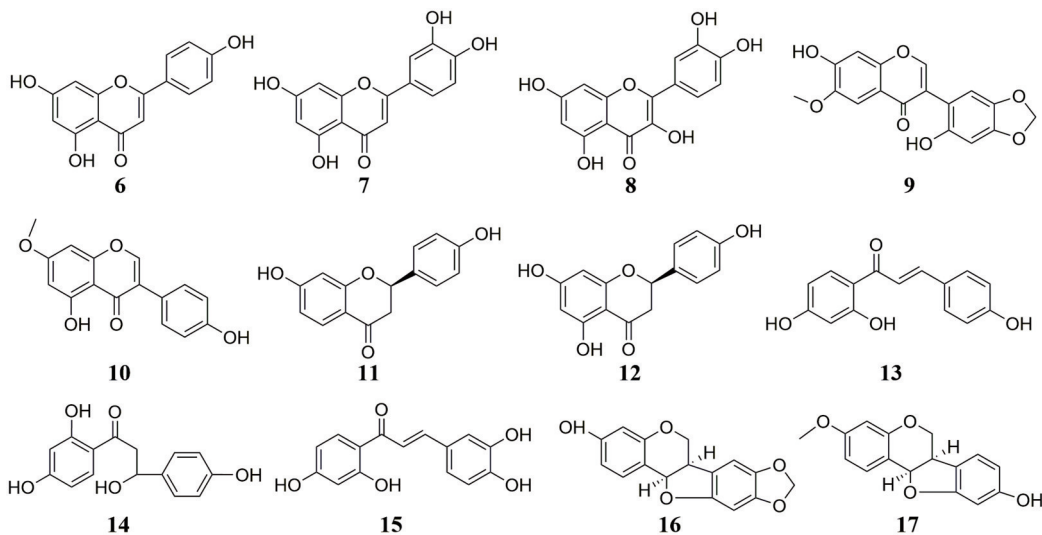


图2 化合物6-17的化学结构

Fig. 2 Chemical structures of compounds 6-17

2.3 萜类化合物

萜类化合物是以异戊二烯为基本单元,不同方式首尾连接构成的聚合物.萜类化合物一般具有抗真菌、抗炎、抗肿瘤等药理作用^[44-45].在锦鸡儿属植物发现的萜类化合物大多为三萜类和倍半萜类两种化合物.从中间锦鸡儿植株中分离出包括 eudesma-4(15)-ene-1 β ,7 α -diol(18)、eudesma-4(15)-ene-1 β ,7 β -diol(19)、eudesma-4(15)-ene-1 β ,8 α -diol(20)、Eudesma-4(15)-ene-1 β ,5 α -diol(21)等9个桉烷型倍半萜和 allo-aromadendrane-3 α ,9 α -diol(22)、(+)-allo-

aromadendrane-3 α ,9 α -diol(23)及(+)-spathulenol(24)3个香木兰烷型倍半萜^[42,46],从锦鸡儿植株中鉴定分离出齐墩果酸(25)、sigmoside D(26)等20种三萜类化合物^[19,47],化学结构见图3.

2.4 二苯乙烯类

二苯乙烯是一类以1,2-二苯乙烯为核的植物多酚类.二苯乙烯类化合物具有抗肿瘤、抗炎、抗氧化、抗糖尿病^[48-54]等作用.锦鸡儿属中的二苯乙烯类化合物已经分离鉴定出42个,按照二苯乙烯的聚合形式可分为寡聚二苯乙烯、二聚二苯乙烯、三聚二

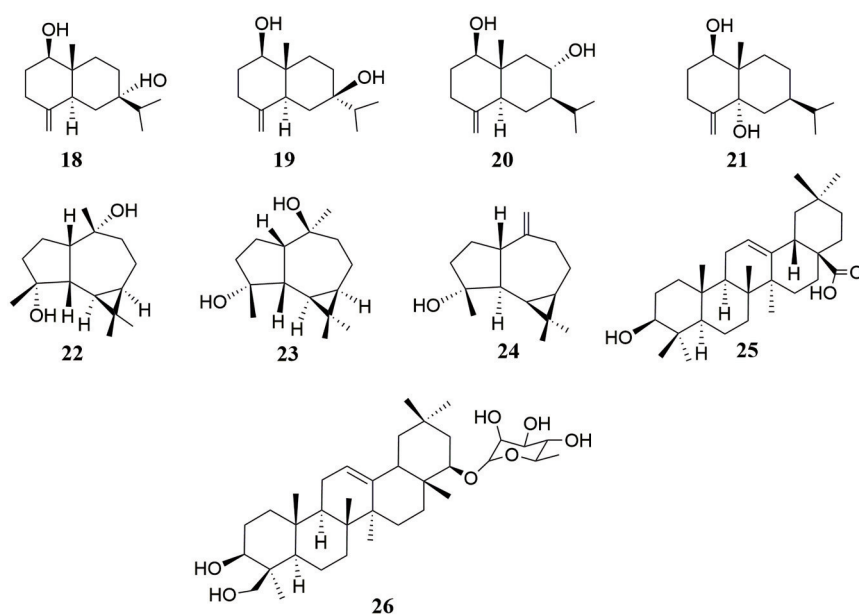


图3 化合物18-26的化学结构

Fig. 3 Chemical structures of compounds 18-26

苯乙烯和四聚二苯乙烯(图4)。在毛刺锦鸡儿中检测出白藜芦醇(27)和白皮杉醇(28)等寡聚二苯乙烯类化合物和tibeticanol(29)等二聚二苯乙烯类化合物^[55-56]。研究人员在锦鸡儿茎中分离出 carasiphenol A(30)等三聚二苯乙烯类化合物^[37],在锦鸡儿根中分离出 carasinol A(31)等四聚二苯乙烯类化合物^[57]。

2.5 脂肪酸类

植物脂肪酸一般为顺势结构的碳数目为偶数

的长链脂肪酸^[58]。脂肪酸类具有抗菌等生物学活性^[59]。有人从锦鸡儿植物金雀根中提取出18种脂肪酸类化合物,其中主要成分是亚油酸(32)、亚麻酸(33)、十六碳酸(34)以及十八碳酸(35)^[60]。亦有研究人员从锦鸡儿植物中提取出12种脂肪酸类化合物^[61](图4)。

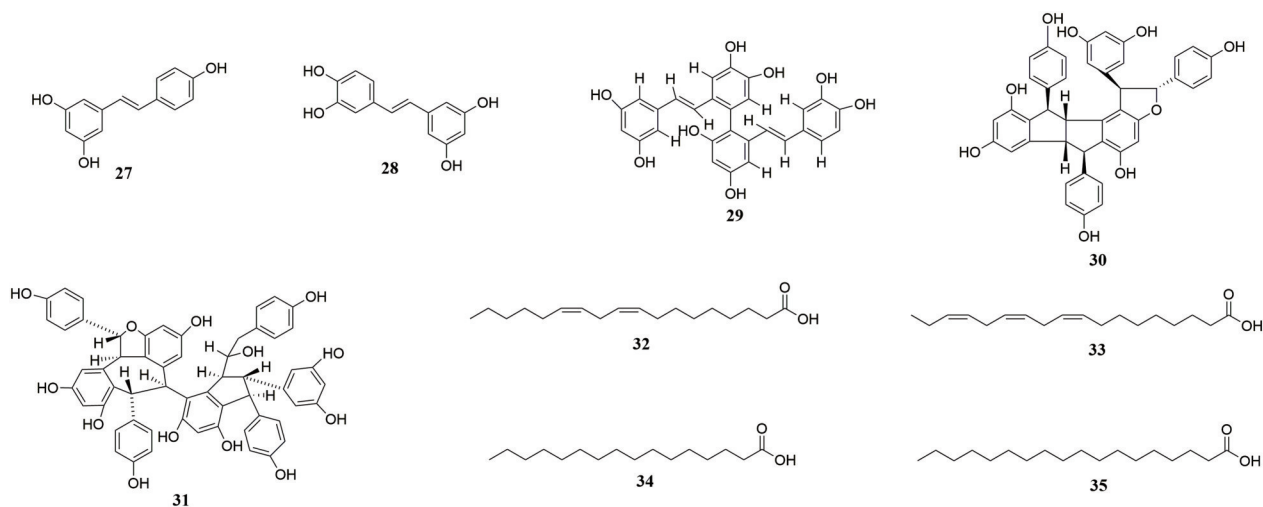


图4 化合物27-35的化学结构

Fig. 4 Chemical structures of compounds 27-35

2.6 甾醇类

甾体类化合物一般以环戊烷多氢菲作为基本骨架,在其母核上带有两个甲基和含有羟基或羰基的侧链^[62]。植物甾醇具有抗炎、抗糖尿病、抗癌、降低胆固醇和降血脂等生理作用^[63-66]。从锦鸡儿属植

株中提取鉴定了共10个甾体类化合物。其中金桂林和霍炎等人从锦鸡儿植物中提取出 β -谷甾醇(36)、豆甾醇(37)、豆甾烷-4-烯-6 β -醇-3-酮(38)、胡萝卜苷(39)四种甾醇类化合物^[36,38](图5)。

2.7 香豆素类

香豆素是以苯骈- α -吡喃酮为母核的苯丙烷衍生物,是含氧杂环化合物^[56].香豆素类化合物具有抗炎、抗癌、抗骨质疏松、杀虫、抗氧化和抗真菌等生理活性^[67-69].从小叶锦鸡儿种分离并鉴定出伞形

花内酯(40)1种香豆素类化合物^[36],BOINIK 等人在锦鸡儿植株中分离出四种香豆素类化合物分别是香柑内酯(41)、马栗树皮素(42)、花椒毒素(43)和东莨菪素(44)^[70](图5).

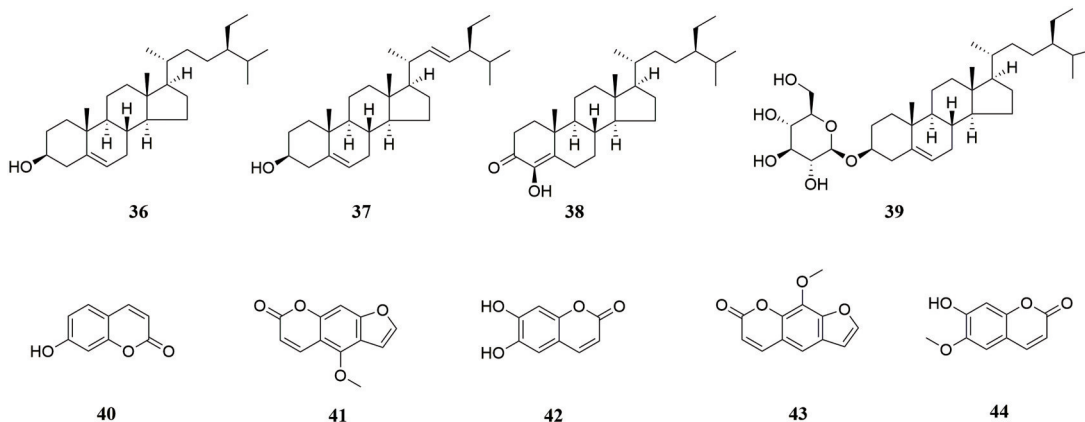


图5 化合物36-44的化学结构

Fig. 5 Chemical structures of compounds 36-44

2.8 其他化学成分

锦鸡儿属植物中除了上述化学成分外还含有其他化学成分,如:崔益冷等从红花锦鸡儿中鉴定出9个苯丙素类化合物^[19].孙慧玲等从锦鸡儿属植物中鉴定出19个化合物,主要为烯烴和饱和烷烴类化合物.除此以外,锦鸡儿属植物还含有糖类和长链醇等化合物^[71].

3 中国锦鸡儿属植物药理活性

3.1 抗癌活性

目前从锦鸡儿植物种鉴定出多种化合物,其中槲皮素被报道具有抗乳腺癌和抗头颈癌等活性^[72-73].另外,白藜芦醇也具有多种抗癌活性,如:甲状腺癌和肺癌等^[74-75].苏比努尔·买乌兰等在狭叶锦鸡儿中提取的化合物通过MTT法检测其抗肿瘤活性发现,化合物2可以明显抑制Hela细胞的生长^[21].从小叶锦鸡儿中提取的化合物可以抑制小鼠S₁₈₀肉瘤细胞的生长^[76],小叶锦鸡儿中的pseudobaptigenin和trifolirhizin对MCF-7及Hela细胞都有明显的生长抑制作用^[77].张国庆等从小叶锦鸡儿中提取出的小檗碱对Saos-2、A375和Hela等细胞都有明显的生长抑制作用^[29].结果表明,锦鸡儿属植物提取物对多种癌症细胞的生长均有明显的抑制作用,因此锦鸡儿属植物可以作为潜在抗肿瘤药物.

3.2 抗炎活性

研究发现锦鸡儿根的甲醇提取物可以明显抑制小鼠耳壳炎症并对炎症渗出物PGE₂的产生有明显抑制作用^[78].从锦鸡儿植物中提取出来的化合物可以明显抑制由二甲双胍导致的耳廓炎症^[79].从锦鸡儿中分离出来的三萜皂苷caraganoside C和caraganoside D可以抑制RAW262.7细胞的NO释放^[80].从锦鸡儿根部提取的化合物可以抑制大鼠的关节炎和NF- κ B通路基因表达^[81].杜学武等使用锦鸡儿的水煎剂可以减缓类风湿性关节炎^[82].因此,锦鸡儿属植物提取物通过抑制炎症介质的表达和炎症通路的基因表达来发挥其抗炎作用.

3.3 抗氧化活性

从锦鸡儿中分离出来的二苯乙烯类化合物caragasinin A、caragasinin B、caraphenol B对DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)有明显的清除活性^[80].从锦鸡儿中提取的总黄酮对羟自由基的清除能力与黄酮含量呈正相关^[83].检测锦鸡儿植物不同提取物的抗氧化活性发现,锦鸡儿乙酸乙酯部抗氧化活性最强^[84].高海峰等人在白皮锦鸡儿中提取到两个黄酮醇类化合物3-O-methylquercetin和quercetin有部分氧化 β -胡萝卜素-亚油酸的能力,并具有部分清除DPPH的能力^[16].目前对锦鸡儿属植物抗氧化作用的研究较少,后续可以加深对锦鸡儿植物抗氧化能力的探索.

3.4 抗糖尿病活性

目前,对锦鸡儿属植物的抗糖尿病作用研究较少.孙智华等人在中间锦鸡儿中分离出的倍半萜类化合物可以增加C₂C₁₂肌细胞对葡萄糖的消耗量^[85].廖静雅发现鬼箭锦鸡儿乙醇提取物在体外及体内均有抗糖尿病活性.体外实验中,鬼箭锦鸡儿通过激活PKC途径促进L6细胞中GLUT4的表达及转运,同时促进细胞内Ca²⁺的释放,从而促进细胞对葡萄糖的摄取.在体内,鬼箭锦鸡儿能够降低糖尿病小鼠的空腹血糖,改善小鼠的口服糖耐量和胰岛素耐量,改善小鼠肝脏的脂肪堆积和脂肪细胞肥大现象,重塑胰岛形态并改善功能^[86].

3.5 抗病毒及抗菌作用

从白皮锦鸡儿中提取的化合物对大肠杆菌和番茄疮痂病毒的生长有一定的抑制活性^[16],在中间锦鸡儿中提取分离的化合物可以完全抑制稻瘟霉P-2b的生长^[85],在锦鸡儿地上部分分离的化合物对稻瘟病病菌的菌丝生长有明显的抑制^[86].从小叶锦鸡儿中分离的化合物可以明显抑制枯草芽孢杆菌和镰刀菌的生长^[87],从锦鸡儿中分离得到的紫檀素化合物可以明显抑制念珠菌的生长^[43].YANG等从锦

鸡儿中分离得到化合物scirpusin A和scirpusin B具有抗艾滋病病毒(HIV)的作用^[88].可见,锦鸡儿属植物的抗菌活性和抗病毒活性具有很大的研究价值,为新型抗病毒及抗菌药物的探索提供了新方向.

3.6 治疗心脑血管疾病

李牧子等将锦鸡儿提取物注射家兔血瘀证模型中后,显著降低了其血浆粘度、全血还原粘度及纤维蛋白原含量^[89].李迎军等从小叶锦鸡儿分离的化合物可以缓解由乌头碱引起的大鼠实验性心律失常^[90].李媛媛等发现小叶锦鸡儿总黄酮可以改善缺血再灌注模型大鼠的血小板粘聚性、红细胞变形能力及血液粘度^[91].

4 含锦鸡儿属植物方剂

中国锦鸡儿属植物自古以来在中药使用中就较为普遍,锦鸡儿属植物在药用中既可配当药、蒲公英、山里红、丹参和党参等药物来治疗癌症、疼痛、哮喘及体虚等疾病,又可以与食物如鸡蛋和猪蹄一起食用治疗头晕、头疼等症状.具体植株方剂如表3所示.

表3 含中国锦鸡儿属植物复方方剂

Tab. 3 Compounds prescription of *Caragana* Fabr. in China^[7-11]

中国锦鸡儿属植物	学名	配药及服用	功能主治
小叶锦鸡儿	<i>C. microphylla</i>	配当药、蒲公英	咽喉肿痛
中间锦鸡儿	<i>C. intermedia</i>	全草水煎服	月经不调、宫颈癌、乳腺癌
树锦鸡儿	<i>C. arborescens</i>	配鸡蛋、猪蹄	头痛、头晕、眼花、乳汁不足
红花锦鸡儿	<i>C. rosea</i>	配山里红、沙参、羊睾丸、马先蒿;悬钩子	脾胃虚弱、哮喘、淋浊、血崩
鬼箭锦鸡儿	<i>C. jubata</i>	切片配适量白糖	高血压
拧条锦鸡儿	<i>C. korshinskii</i>	外敷	皮炎、黄水疮
甘青锦鸡儿	<i>C. tangutica</i>	配臭柴、砂仁、丹参	胃脘疼痛
白皮锦鸡儿	<i>C. leucophloea</i>	配鸡冠花;党参;桑枝、大枣;	体虚无力、月经不调、关节炎
短叶锦鸡儿	<i>C. brevifolia</i>	内服煎汤	清热解毒、消肿止痛
木锦鸡儿	<i>C. frutex</i>	内服煎汤	活血补血

5 结语

中国锦鸡儿属植物具有抗肿瘤、抗炎、抗氧化、抗糖尿病、抗病毒、抗菌及心血管疾病治疗作用,但是对于锦鸡儿属植物的活性成分及药理作用的研究仅仅是针对该属少部分种.因此,对于该属其他锦鸡儿种的化学成分或药理作用的研究需要加深,为新药的研发提供新的方向.除此之外,很多锦鸡

儿属植物已经在临床上广泛运用,初步验证了它们的安全性,但是其具体的毒理实验研究并不多,亟需加深对锦鸡儿属植物毒理作用的探究,保证临床用药的安全性.

参 考 文 献

- [1] 吴国芳.植物学-下册[M].2版.北京:高等教育出版社,1992.

- [2] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第四十二卷, 第一分册[M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [3] 解李娜, 吴祺琪, 王宇萌, 等. 锦鸡儿属灌木阻止干旱草地沙漠化生态过程[J]. 生态学报, 2024, 44(4): 1680-1691.
- [4] 沈丕安. 中华本草[M]. 上海: 上海科学普及出版社, 2017.
- [5] 牛西午. 中国锦鸡儿属植物资源研究——分布及分种描述[J]. 西北植物学报, 1999, 19(5): 107-133.
- [6] 常朝阳. 中国锦鸡儿属植物分类研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2008.
- [7] 罗伟祥, 刘广全, 李嘉珏, 等. 西北主要树种培育技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 2007.
- [8] 林春山. 金雀锦鸡儿的播种育苗技术[J]. 林业勘察设计, 2012(1): 55-56.
- [9] 中国饲用植物志编辑委员会. 中国饲用植物志: 第二卷[M]. 北京: 农业出版社, 1989.
- [10] 《新疆植物志》编写委员会. 新疆植物志: 第3卷[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 2019.
- [11] 李荣伟, 王乐辉, 陈秀明, 等. 青藏高原东缘野生观赏植物上[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2007.
- [12] 迪里木拉提·毛里明, 郭玉娟, 程煜凤, 等. 阿尔泰锦鸡儿不同药用部位主要黄酮苷的含量测定[J]. 中国现代应用药学, 2018, 35(5): 704-707.
- [13] 朴惠顺, 金光洙. 锦鸡儿属植物研究进展[J]. 时珍国医国药, 2005, 16(5): 430-431, 432.
- [14] 徐新, 巴哈尔古丽·黄尔汗. 哈萨克药志: 第一卷[M]. 北京: 民族出版社, 2009.
- [15] 宋萍, 马欢, 田娅. 藏药鬼箭锦鸡儿化学成分及药理作用的研究进展[J]. 中国药物与临床, 2009, 9(12): 1149-1151.
- [16] 高海峰, 郑兵兵, 王蓟花, 等. 白皮锦鸡儿黄酮醇类化合物及其抗菌和抗氧化活性[J]. 天然产物研究与开发, 2011, 23(5): 853-856, 930.
- [17] 罗超, 于瑞婷, 刘洪卫, 等. 白皮锦鸡儿酚类化合物及其生物活性(英文)[J]. 天然产物研究与开发, 2015, 27(3): 386-392, 445.
- [18] 延玺, 刘会青, 邹永青, 等. 黄酮类化合物生理活性及合成研究进展[J]. 有机化学, 2008, 28(9): 1534-1544.
- [19] 崔益冷, 穆青, 胡昌奇. 红花锦鸡儿中苯丙素类化合物的研究[J]. 天然产物研究与开发, 2003, 15(4): 277-283.
- [20] 独孤佳秀, 潘兰, 姜哲, 等. 吐鲁番锦鸡儿地上部分化学成分及体外抗肿瘤活性研究[J]. 新疆医科大学学报, 2016, 39(10): 1226-1229.
- [21] 苏比努尔·买乌兰, 潘兰, 贾新岳, 等. 狭叶锦鸡儿根化学成分及抗肿瘤活性研究[J]. 中国中药杂志, 2017, 42(14): 2697-2703.
- [22] 康亚男, 李媛媛, 岳永花, 等. 小叶锦鸡儿总黄酮提取工艺研究及对脑缺血再灌注损伤大鼠的作用[J]. 药物评价研究, 2013, 36(1): 22-25.
- [23] 邓雁如, 汪涛, 何永志, 等. 多刺锦鸡儿化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2008, 33(7): 775-777.
- [24] 贾月梅. 刺叶锦鸡儿抗类风湿性关节炎活性及化学成分的研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2016.
- [25] BHAMBHANI S, KONDHARE K R, GIRI A P. Diversity in chemical structures and biological properties of plant alkaloids[J]. Molecules, 2021, 26(11): 3374.
- [26] THAWABTEH A, JUMA S, BADER M, et al. The biological activity of natural alkaloids against herbivores, cancerous cells and pathogens [J]. Toxins, 2019, 11(11): 656.
- [27] HUANG Y L, CUI S Y, CUI X Y, et al. Tetrandrine, an alkaloid from *S. tetrandra* exhibits anti-hypertensive and sleep-enhancing effects in SHR via different mechanisms[J]. Phytomedicine, 2016, 23(14): 1821-1829.
- [28] OLOFINSAN K, ABRAHAMSE H, GEORGE B P. Therapeutic role of alkaloids and alkaloid derivatives in cancer management[J]. Molecules, 2023, 28(14): 5578.
- [29] 张国庆, 王科兵. 小叶锦鸡儿种子中的生物碱及其细胞毒活性[J]. 药学实践杂志, 2010, 28(2): 105-106, 121.
- [30] HEIM K E, TAGLIAFERRO A R, BOBILYA D J. Flavonoid antioxidants: Chemistry, metabolism and structure-activity relationships [J]. The Journal of Nutritional Biochemistry, 2002, 13(10): 572-584.
- [31] MIDDLETON E Jr. Effect of plant flavonoids on immune and inflammatory cell function[J]. Advances in Experimental Medicine and Biology, 1998, 439: 175-182.
- [32] ZHANG N, LIAN Z, PENG X, et al. Applications of higenamine in pharmacology and medicine [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2017, 196: 242-252.
- [33] MISHRA A, SHARMA A K, KUMAR S, et al. *Bauhinia variegata* leaf extracts exhibit considerable antibacterial, antioxidant, and anticancer activities[J]. BioMed Research International, 2013, 2013: 915436.
- [34] TUÑÓN M J, GARCÍA-MEDIAVILLA M V, SÁNCHEZ-CAMPOS S, et al. Potential of flavonoids as anti-inflammatory agents: Modulation of pro-inflammatory gene expression and signal transduction pathways[J]. Current Drug Metabolism, 2009, 10(3): 256-271.
- [35] CRITCHFIELD J W, BUTERA S T, FOLKS T M. Inhibition of HIV activation in latently infected cells by flavonoid compounds [J]. AIDS Research and Human Retroviruses, 1996, 12(1): 39-46.
- [36] 金桂林. 柠条籽化学成分及生物活性研究[D]. 上海:

- 第二军医大学, 2011.
- [37] 王曙光. 锦鸡儿化学成分及质量标准研究[D]. 上海: 复旦大学, 2004.
- [38] 霍炎. 柠条籽镇痛及抗肿瘤物质基础研究[D]. 上海: 第二军医大学, 2006.
- [39] 郝英魁. 藏药鬼箭锦鸡儿化学成分的研究[D]. 天津: 天津大学, 2007.
- [40] 房士明. 藏药昌都锦鸡儿化学成分的研究[D]. 天津: 天津大学, 2007.
- [41] 舒娜. 锦鸡儿化学成分、含量及其变化研究[D]. 上海: 复旦大学, 2006.
- [42] 张甦, 施蛟, 孙智华, 等. 中间锦鸡儿化学成分的研究[J]. 中药材, 2006, 29(1): 19-21.
- [43] 宋萍, 杨新洲, 于军. 鬼箭锦鸡儿中紫檀烷类化合物抗真菌活性研究(英文)[J]. 中国现代应用药学, 2009, 26(9): 691-694.
- [44] ZHANG K, JIANG Y, ZHAO H, et al. Diverse terpenoids and their associated antifungal properties from roots of different cultivars of *Chrysanthemum morifolium* Ramat[J]. Molecules, 2020, 25(9): 2083.
- [45] TOUSIF M I, NAZIR M, RIAZ N, et al. Terpenoids as human neutrophil elastase (HNE) inhibitors: A comprehensive review of natural anti-inflammatory isoprenoids[J]. Chembiochem, 2023, 24(22): e202300346.
- [46] 孙智华. 中间锦鸡儿倍半萜类化合物的分离及活性研究[D]. 上海: 复旦大学, 2004.
- [47] 亓建斌. 金雀根化学成分研究与含量分析[D]. 上海: 复旦大学, 2007.
- [48] GUIMARÃES A G, SERAFINI M R, QUINTANS-JÚNIOR L J. Terpenes and derivatives as a new perspective for pain treatment: A patent review[J]. Expert Opinion on Therapeutic Patents, 2014, 24(3): 243-265.
- [49] GRIGGS J, METCALFE J C, HESKETH R. Targeting tumour vasculature: The development of combretastatin A4[J]. The Lancet Oncology, 2001, 2(2): 82-87.
- [50] PETTIT G R, SINGH S B, BOYD M R, et al. Antineoplastic agents. 291. Isolation and synthesis of combretastatins A-4, A-5, and A-6 [J]. Journal of Medicinal Chemistry, 1995, 38(10): 1666-1672.
- [51] GUO X Y, WANG J, WANG N L, et al. New stilbenoids from *Pholidota yunnanensis* and their inhibitory effects on nitric oxide production[J]. Chemical & Pharmaceutical Bulletin, 2006, 54(1): 21-25.
- [52] KEREM Z, BILKIS I, FLAISHMAN M A, et al. Antioxidant activity and inhibition of alpha-glucosidase by trans-resveratrol, piceid, and a novel trans-stilbene from the roots of Israeli *Rumex bucephalophorus* L [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54(4): 1243-1247.
- [53] OKASAKA M, TAKAISHI Y, KOGURE K, et al. New stilbene derivatives from *Calligonum leucocladum* [J]. Journal of Natural Products, 2004, 67(6): 1044-1046.
- [54] FANG N, CASIDA J. New bioactive flavonoids and stilbenes in Cube resin insecticide [J]. Journal of Natural Products, 2000, 63(2): 293.
- [55] XIANG T, UNO T, OGINO F, et al. Antioxidant constituents of *Caragana tibetica* [J]. Chemical & Pharmaceutical Bulletin, 2005, 53(9): 1204-1206.
- [56] 杨国勋, 胡昌奇. 红花锦鸡儿中一个新的芪木脂体[J]. 有机化学, 2003, 23(8): 873-876.
- [57] MA D Y, LUO H F, HU C Q. Three stilbene tetramers from the roots of *Caragana sinica* [J]. Chinese Journal of Chemistry, 2004, 22(2): 207-211.
- [58] 王淼. 生物化学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2017.
- [59] MONDAL A, MAITY T K. Antibacterial activity of a novel fatty acid (14E, 18E, 22E, 26E)-methyl nonacosate isolated from *Amaranthus spinosus* [J]. Pharmaceutical Biology, 2016, 54(10): 2364-2367.
- [60] 舒娜, 亓建斌, 胡昌奇. 气相色谱-质谱法分析金雀根中脂肪酸的组成//2006年世界华人质谱学术研讨会暨中国质谱学会第八届全国学术交流会[C]. 乌鲁木齐, 2006.
- [61] 陈龙, 张一冰, 顾海鹏, 等. 锦鸡儿脂溶性成分GC-MS分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(7): 123-125.
- [62] ELKS J. Steroid structure and steroid activity [J]. The British Journal of Dermatology, 1976, 94suppl 12: 3-13.
- [63] DEVARAJ S, JIALAL I, ROCKWOOD J, et al. Effect of orange juice and beverage with phytosterols on cytokines and PAI-1 activity [J]. Clinical Nutrition, 2011, 30(5): 668-671.
- [64] MISAWA E, TANAKA M, NOMAGUCHI K, et al. Oral ingestion of aloe vera phytosterols alters hepatic gene expression profiles and ameliorates obesity-associated metabolic disorders in Zucker diabetic fatty rats [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2012, 60(11): 2799-2806.
- [65] VIVANCOS M, MORENO J J. β -Sitosterol modulates antioxidant enzyme response in RAW 264.7 macrophages [J]. Free Radical Biology and Medicine, 2005, 39(1): 91-97.
- [66] THOMPSON G R, GRUNDY S M. History and development of plant sterol and stanol esters for cholesterol-lowering purposes [J]. The American Journal of Cardiology, 2005,

- 96(1): 3-9.
- [67] GYLLING H, MIETTINEN T A. The effect of plant stanol- and sterol-enriched foods on lipid metabolism, serum lipids and coronary heart disease[J]. *Annals of Clinical Biochemistry*, 2005, 42(Pt 4): 254-263.
- [68] BHATTARAI N, KUMBHAR A A, POKHAREL Y R, et al. Anticancer potential of coumarin and its derivatives[J]. *Mini Reviews in Medicinal Chemistry*, 2021, 21(19): 2996-3029.
- [67] YANG J, LIU G Y, DAI F, et al. Synthesis and biological evaluation of hydroxylated 3-phenylcoumarins as antioxidants and antiproliferative agents[J]. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 2011, 21(21): 6420-6425.
- [70] BOINIK V V, KOVALEV V N, KOMISSARENKO N F, et al. Coumarins of the epigeal part of *Caragana frutex* [J]. *Chemistry of Natural Compounds*, 1983, 19(6): 742.
- [71] 孙慧玲, 张倩, 李东, 等. 固相微萃取/气相色谱/质谱法分析锦鸡儿茎挥发性成分[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2010, 16(10): 63-64.
- [72] 叶冬梅, 全晓红, 高丽枫, 等. BCSCs在槲皮素抗乳腺癌作用中的研究进展[J]. *赤峰学院学报(自然科学版)*, 2023, 39(7): 33-37.
- [73] 邹子川, 周霖, 陈寅瑜, 等. 槲皮素抗头颈部癌作用的研究新进展[J]. *口腔生物医学*, 2023, 14(3): 206-210.
- [74] 毛姗, 李扬, 丁韩梦, 等. 白藜芦醇对小鼠甲状腺乳头癌细胞移植瘤的抑制作用及机制研究[J]. *中国普通外科杂志*, 2023, 32(11): 1770-1777.
- [75] 房立源, 王润兮, 方宇航, 等. 白藜芦醇抗肺癌作用及其机制的研究进展[J]. *药物评价研究*, 2023, 46(10): 2277-2283.
- [76] 朴惠顺, 金光洙, 张善玉. 小叶锦鸡儿对小鼠S180肉瘤的抑制作用[J]. *延边大学医学学报*, 2004, 27(1): 16-18.
- [77] 仇永鑫, 朴惠顺. 小叶锦鸡儿中异黄酮及其苷类化合物的体外抗肿瘤活性研究[J]. *华西药学杂志*, 2012, 27(1): 43-44.
- [78] 金景姬, 方文龙, 金正男, 等. 小叶锦鸡儿的抗炎作用[J]. *中国中药杂志*, 1993, 18(5): 306-308.
- [79] 朴惠顺, 金光洙, 李迎军, 等. 小叶锦鸡儿醋酸乙酯提取物抗炎作用的研究[J]. *时珍国医国药*, 2006, 17(8): 1453-1454.
- [80] JIN Q, HAN X H, HONG S S, et al. Antioxidative oligostilbenes from *Caragana sinica* [J]. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 2012, 22(2): 973-976.
- [81] 王士民. 金雀根治疗类风湿关节炎有效部位及作用机制研究[D]. 合肥: 安徽医科大学, 2019.
- [82] 杜学武, 郭晓玲, 郭春林, 等. 锦鸡儿治疗类风湿性关节炎临床研究[J]. *中国民族医药杂志*, 1998, 4(2): 11-13.
- [83] 牛宇, 张丽珍, 牛伟, 等. 小叶锦鸡儿根不同极性组分的抗氧化活性研究[J]. *华北农学报*, 2012, 27(4): 228-233.
- [84] 王金梅, 陈龙, 朱晓娣, 等. 锦鸡儿生物活性研究[J]. *河南大学学报(医学版)*, 2015, 34(2): 91-93, 102.
- [85] 孙智华, 张甦, 施蛟, 等. 中间锦鸡儿中的倍半萜类化合物[J]. *有机化学*, 2004, 24(7): 806-810.
- [86] 廖静雅. 穿心莲内酯和鬼箭锦鸡儿抗糖尿病活性及其机制研究[D]. 武汉: 中南民族大学, 2022.
- [87] WANG S, MA D, HU C. Three new compounds from the aerial parts of *Caragana sinica* [J]. *Helvetica Chimica Acta*, 2005, 88(8): 2315-2321.
- [88] YANG G X, ZHOU J T, LI Y Z, et al. Anti-HIV bioactive stilbene dimers of *Caragana rosea* [J]. *Planta Medica*, 2005, 71(6): 569-571.
- [89] 李牧子, 张红英, 吴祯久, 等. 锦鸡儿提取物对家兔血液流变学作用的影响[J]. *中草药*, 1994, 25(12): 637-638.
- [90] 李迎军, 朴惠顺, 张红英. 小叶锦鸡儿提取物对大鼠实验性心律失常的影响[J]. *华西药学杂志*, 2012, 27(2): 144-145.
- [91] 李媛媛, 石任兵, 岳永花, 等. 小叶锦鸡儿总黄酮对脑缺血再灌注损伤大鼠的影响[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2012, 18(24): 273-276.

(责编&校对 姚春娜)