

金龙胆草研究进展

孙 蓉, 高静雷, 刘 珊*

攀枝花学院生物与化学工程学院, 四川 攀枝花 617000

摘 要: 金龙胆草 *Conyza blinii* 为我国川滇黔地区的一种道地中药材, 具有清热解毒、止咳平喘的功效, 主要用于治疗慢性支气管炎引起的咳嗽及其他炎症。整理金龙胆草国内外文献报道, 对其资源分布、化学成分、药理作用、遗传多样性、次生代谢物合成途径及应用等方面的研究进展进行综述, 为该药材的资源开发利用及新药产品的研发提供参考。

关键词: 金龙胆草; 资源; 皂苷; 苦蒿素; 合成途径

中图分类号: R282.71 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2018)19-4710-07

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2018.19.035

Research progress on *Conyza blinii*

SUN Rong, GAO Jing-lei, LIU Shan

Department of Biological and Chemical Engineering, Panzhihua University, Panzhihua 617000, China

Abstract: *Conyza blinii* is a genuine herb distributed in the Sichuan, Yunnan, and Guizhou provinces of China. It has effects of clearing heat, removing toxin, and relieving cough and asthma. It is mainly used for the treatment of cough and other inflammatory diseases caused by bronchitis. In this review, the relevant researches about resource distribution, chemical composition, pharmacological effects, genetic diversity, secondary metabolites synthesis pathways, and applications of *C. blinii* were collected and summarized. This work aims to provide a reference for the development and utilization of this medicinal herb and new drug products.

Key words: *Conyza blinii* H. Lév.; resource; saponin; blinin; synthesis pathways

白酒草属植物全世界约有 100 种, 主要分布于热带和亚热带地区, 我国有 10 个种, 其中 1 个为变种, 分别为埃及白酒草 *Conyza aegyptiaca* (L.) Ait.、金龙胆草 *C. blinii* H. Lév.、香丝草 *C. bonariensis* (L.) Cronq.、小蓬草 *C. canadensis* (L.) Cronq.、白酒草 *C. japonica* (Thunb.) Less.、粘毛白酒草 *C. leucantha* (D. Don) Ludlow.、木里白酒草 *C. muliensis* Y. L. Chen、宿根白酒草 *C. perennis* Hand. -Mazz.、苏门白酒草 *C. sumatrensis* (Retz.) Walker 及变种劲直白酒草 *C. stricta* Willd.。金龙胆草为白酒草属一年生草本植物, 又名苦蒿、熊胆草、苦蒿尖、苦龙胆等。金龙胆草产于我国云南、四川及贵州, 一般生长于海拔 1 800~2 500 m 的山坡草地、荒地路旁或旷野^[1-2], 为西南地区民间常用药材, 用于治疗外出血、溃疡、咳嗽等。其收录于云贵川地区民间草药手册^[3-5]以及《中国药典》2015 年版^[6]。据《中国药典》2015 年

版记载, 金龙胆草气微, 味极苦, 具有消炎、祛痰、止咳、平喘的功效, 全草可以入药, 主要用于治疗慢性支气管炎引起的咳嗽, 临床应用有金龙胆草浸膏片。但目前对金龙胆草的研究不够深入, 因此本文对 1970—2018 年金龙胆草研究现状相关文献进行总结, 为其后续研究利用提供参考。

1 化学成分

研究表明, 金龙胆草含有丰富的次生代谢物, 其主要成分为萜类物质, 包括三萜、二萜及其糖苷, 此外金龙胆草还含有黄酮类、挥发油、有机酸类等有效成分。

1.1 三萜及其糖苷

金龙胆草中的三萜主要为五环三萜, 苏艳芳等^[7]通过红外光谱、质谱及核磁共振等技术从金龙胆草中鉴定了 5 个三萜类化合物, 分别为 β -香树脂酮(1)、 β -香树脂醇(2)、 α -香树脂醇(3)、木栓酮(4)、

收稿日期: 2017-06-14

基金项目: 四川省教育厅项目 (16ZA0409)

作者简介: 孙 蓉 (1987—), 女, 博士, 研究方向为天然药物次生代谢途径及合成生物学。E-mail: miaolei071019@163.com

*通信作者 刘 珊, 女, 副教授, 研究方向为天然药物化学。E-mail: chuannong2010@126.com

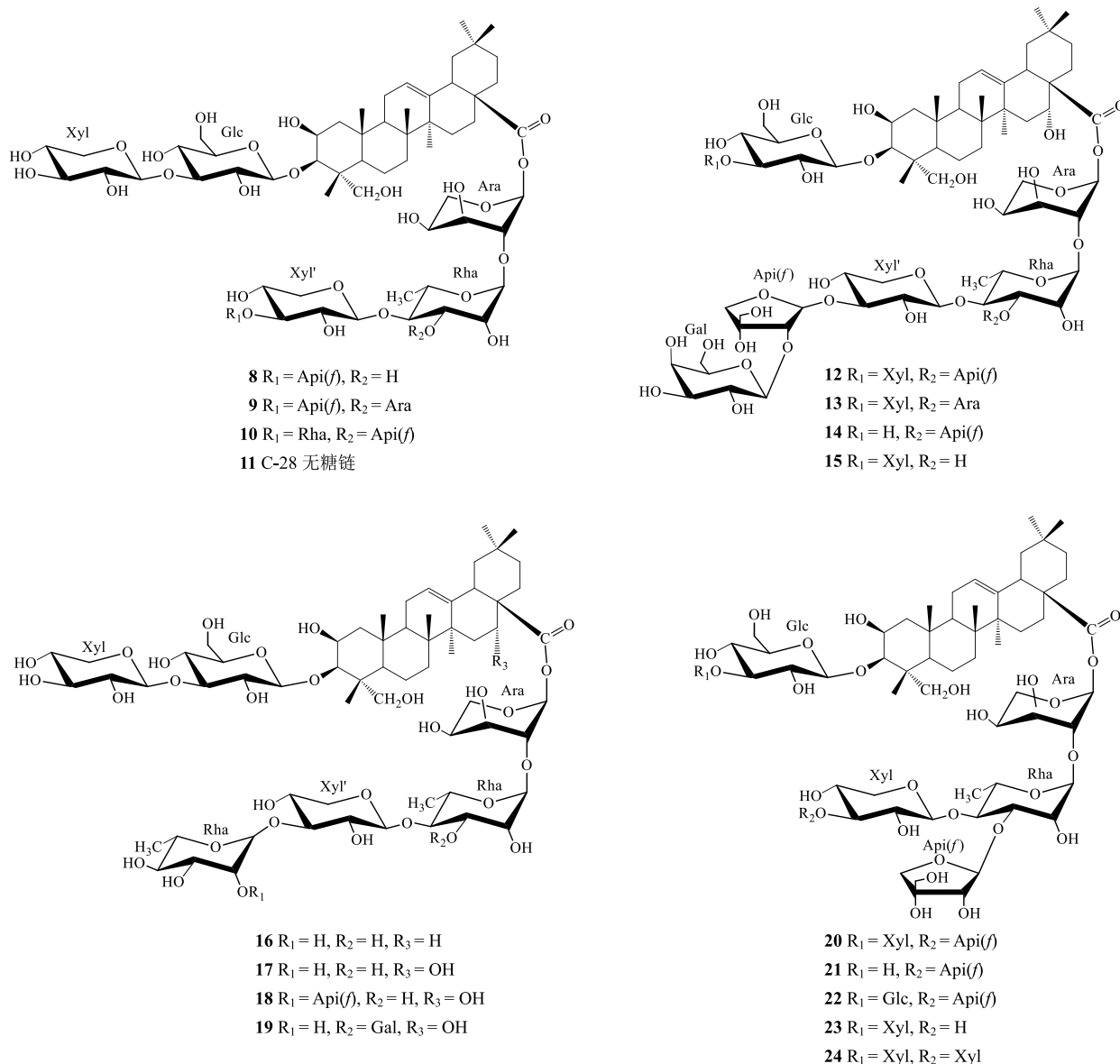
木栓醇 (5)。此外本课题组发现金龙胆草含有熊果酸 (6) 及齐墩果酸 (7)。

三萜皂苷在金龙胆草中含量为 1.6%~3.0%，目前鉴定获得的 17 种均为齐墩果烷型三萜皂苷 (conyzasaponin A~Q, 8~24) [8-10]，结果见图 1。由图 1 可知，大部分三萜皂苷含有 6~8 个糖基，除 conyzasaponin G 以外，均为在 C-3 位和 C-28 位连有糖基的双糖链皂苷，conyzasaponin G 是只有 C-3 位连有糖基的单糖链皂苷。所有这些三萜皂苷的共同点是其 C-3 位糖链所连的第 1 个糖基都为葡萄糖

基 (Glc)。此外，出现了多个在天然产物中较为少见的芹糖和双芹糖皂苷。

1.2 二萜及其糖苷

1989 年 Yang 等^[11]从金龙胆草中分离鉴定了 1 个新的二萜化合物苦蒿素 (25)，该物质为金龙胆草的特征物，其含量为检测金龙胆草质量的标准 (按干燥品计算质量分数不得少于 0.30%)。1999 年 Nikaido 等^[12]通过 X 射线和核磁共振技术从金龙胆草中发现了白酒草内脂 (26)，苏艳芳团队^[13-14]从中先后发现了 2 种新的二萜物质 19-deacetylconyzalactone (27)



Api(f)- β -D-呋喃芹糖基 Ara- α -L-吡喃阿拉伯糖基 Gal- β -D-吡喃半乳糖基 Glc- β -D-吡喃葡萄糖基 Rha- α -L-吡喃鼠李糖基 Xyl- β -D-吡喃木糖基
 Api(f)- β -D-呋喃阿皮糖基 Ara- α -L-吡喃阿拉伯糖基 Gal- β -D-吡喃半乳糖基 Glc- β -D-吡喃葡萄糖基 Rha- α -L-吡喃鼠李糖基 Xyl- β -D-吡喃木糖基
 Xyl- β -D-呋喃阿皮糖基

图 1 金龙胆草皂苷 A~Q 结构

Fig. 1 Structures of conyzasaponin A—Q isolated from *C. blinii*

和 (*E*)-8 α ,15,16-三羟基-13-半日花烯 (28)。近年又有学者^[15]分离获得了 19-羟基-苦蒿素 (29)，化合物结构见图 2。

金龙胆草中的二萜糖苷目前报道的绝大部分为半日花烷型二萜阿拉伯糖苷^[16]，分别为 (*E*)-8 α ,15,16-三羟基-13-半日花烯-8-*O*- α -L-阿拉伯吡喃糖苷 (blinoside A, 30)、(*E*)-8 α ,15-二羟基-13-半日花烯-8-*O*- α -L-阿拉伯吡喃糖苷 (blinoside B, 31)、blinoside A-15-*O*-(3''*R*-羟基)十八酸酯 (32)、14,15-dinorlabdan-13-one-8-*O*- α -L-arabinopyranoside (33)、(*E*)-8 α -羟基-15-(3-羟基-二十二酰氧基)-13-半日花烯-8-*O*- α -L-阿拉伯吡喃糖苷 (34) 和 1,3,4,12-四羟

基-2-(9-十六烯酰胺基)十八烷-1-*O*-葡萄糖吡喃糖苷 (35)，化合物结构见图 3。

1.3 黄酮类

最早从金龙胆草中获得的黄酮类化合物为 5,8-二羟基-7,3',4'-三甲氧基黄酮 (36) 和槲皮素 (37)^[17]。苏艳芳团队^[18-20]采用硅胶柱色谱反复分离，先后从金龙胆草中得到了 9 个黄酮类化合物，鉴定为芦丁 (38)、山柰酚 (39)、圣草素 (40)、槲皮素-3-*O*-葡萄糖苷 (41)、槲皮素-3,4'-二甲醚 (42)、5,7-二羟基-3,8,4'-三甲氧基黄酮 (43)、5,7-二羟基-3,3',4'-三甲氧基黄酮 (44)、5,8,3',4'-四羟基-7-甲氧基黄酮 (45) 和 5,8,4'-三羟基-7,3'-二甲氧基黄酮 (46)。化合物结构见图 4。

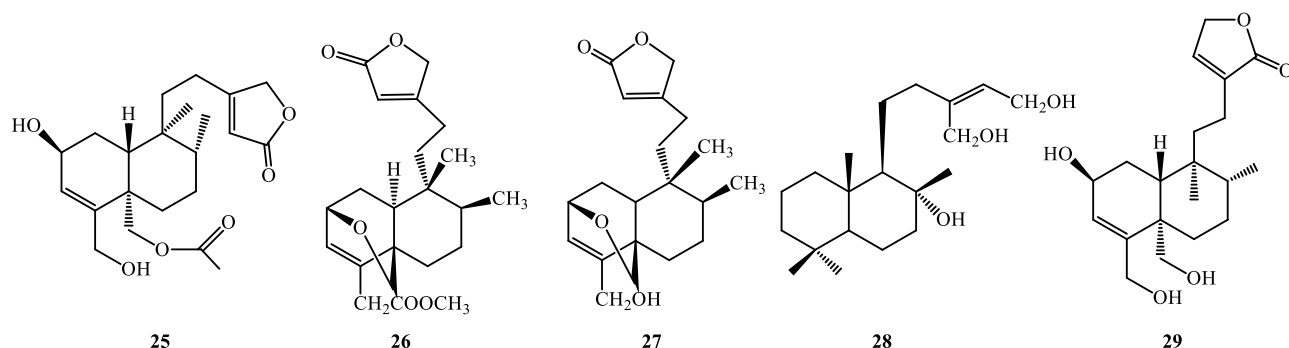


图 2 金龙胆草中的二萜类化合物结构

Fig. 2 Structures of diterpenes isolated from *C. blinii*

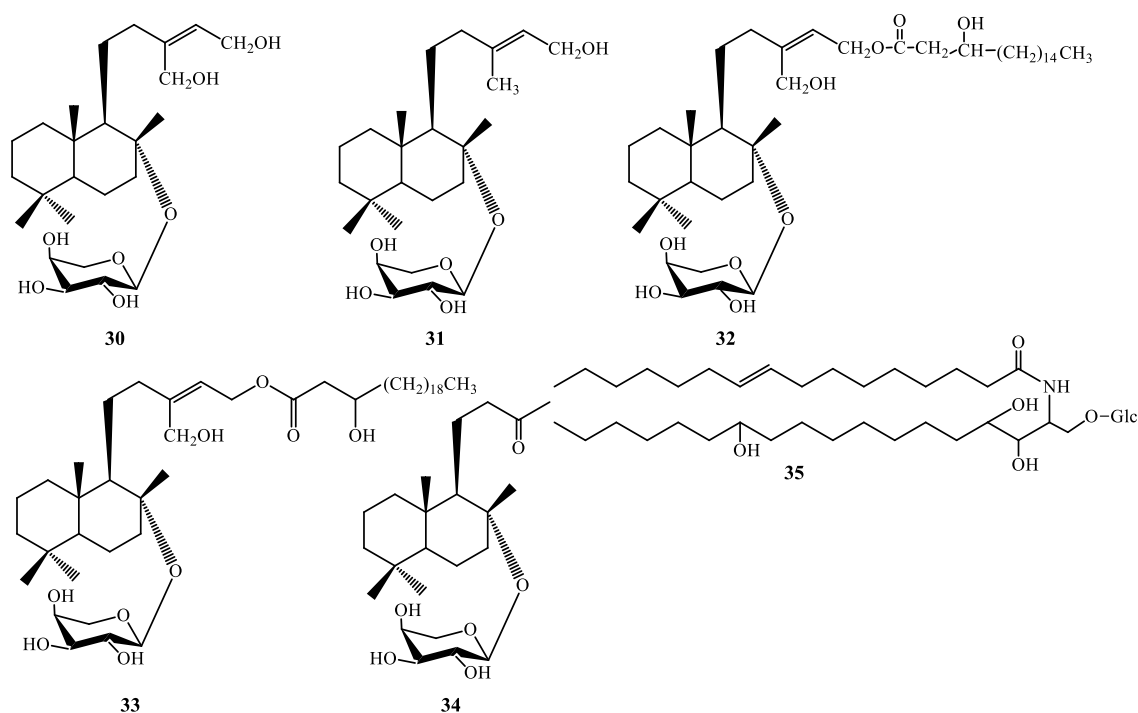


图 3 金龙胆草中的二萜糖苷

Fig. 3 Diterpene glycoside isolated from *C. blinii*

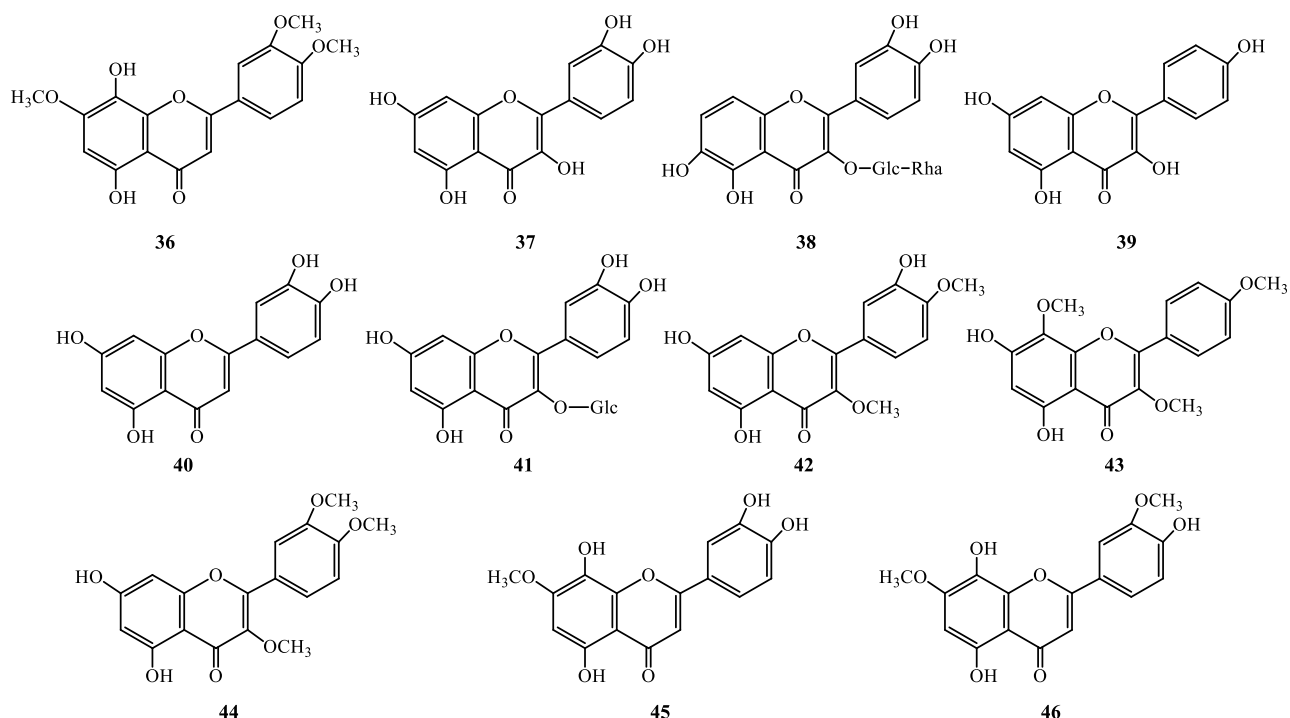


图4 金龙胆草中的黄酮类物质

Fig. 4 Flavones isolated from *C. blinii*

1.4 挥发油

廖时萱等^[21]用水蒸气蒸馏提取法结合 GC-MS-DS 从金龙胆草中鉴定了 16 种具有芳香气味的挥发油成分, 主要为苯及苯同系物的含氧衍生物和呋喃衍生物分别为 1,1-二甲基-2-(3-甲基-1,3-丁间二烯基)-环丙烷(47)、甲基-(1-甲基乙基)-苯甲酰胺(48)、甲基-1-(1-甲基乙基)-3-环己烯-1-醇乙酸酯(49)、3-甲基-2-环己烯-1-酮-*O*-甲基肟(50)、(*S*)- $\alpha,\alpha,4$ -三甲基-3-环己烯-1-甲醇(51)、二环 [3,1,1] 庚-2-烯-2-醇(52)、4-(1-甲基乙基)-1,4-环己二烯-1-醇(53)、4-(1-甲基乙基)-苯甲醛(54)、1-甲基-4-(1-甲基乙基)-环己醇乙酸酯(55)、反式石竹烯(56)、(2,8,6-三甲基-环己烯-1-基)-3-丁烯酮(57)、十氢-1,1,7-三甲

基-4-亚甲基-1*H*-环丙 [E] 甘菊环(58)、2,3-双氢-1,1,3-三甲基-3-苯基-1*H*-茛(59)、2,4-二苯基-1*H*-吡咯(60)、5*H*-苯 [g] 吡啶 [2,3-*b*] 喹呢啉(61)、(2-碘代环丙烷基)-环己烷(62)。

1.5 其他

金龙胆草中还含有有机酸类^[17]和甾醇类^[20]化合物, 主要包括丁香酸(63)、咖啡酸(64)、菠甾醇(65)、 β -谷甾醇(66)和胡萝卜苷(67)等。化合物结构见图 5。金龙胆草中磷、钾、钙、镁等无机元素含量较高, 而锰、铁、铜、铝等含量相对较低^[22]。

2 药理作用

研究表明金龙胆草的主要作用是抗炎, 为治疗慢性支气管炎的良药, 还具有抗溃疡、抗肿瘤及抑

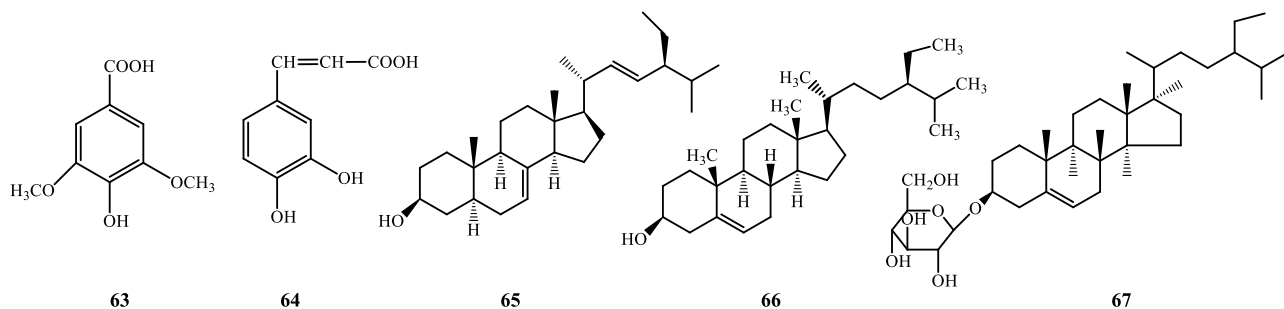


图5 金龙胆草中的有机酸和甾醇

Fig. 5 Organic acids and sterols isolated from *C. blinii*

菌作用。

2.1 抗炎止咳作用

齐永清等^[23]研究表明金龙胆草皂苷对呼吸系统疾病具有一定的治疗作用,其可促进家兔气管纤毛黏液系统清除异物、抑制小鼠氨气吸入性咳嗽及抑制电击猫喉上神经引起的咳嗽。而进一步的临床试验^[24-26]也显示金龙胆草具有较好的治疗慢性支气管炎的作用,且副作用小。李良信^[24]对比了金龙胆草皂苷片和化学药强力霉素片治疗慢性支气管炎的效果,结果表明金龙胆草皂苷片单用的总疗效较强力霉素片单用稍好。齐永清^[26]考察了金龙胆草树脂气雾、金龙胆草浸膏片和金龙胆草皂苷片对喘息型慢性支气管炎的临床治疗效果,结果显示金龙胆草树脂气雾具有较好的控喘和哮鸣音控制效果,对咳、痰的疗效次之,对湿啰音疗效最差。而金龙胆草浸膏片和金龙胆草皂苷片对痰和湿啰音疗效较好,对喘和哮鸣音控制次之。综上,金龙胆草对慢性支气管炎有较好的治疗作用。

2.2 抗溃疡作用

马俊江等^[27]研究表明金龙胆草皂苷能通过抑制胃溃疡大鼠胃液和胃酸的分泌,抑制丙二醛(MDA)和羟基自由基($\cdot\text{OH}$)的生成,从而抑制胃溃疡的形成。苏艳芳等^[20]发现金龙胆草苦蒿素也同样具有抑制胃溃疡形成的作用,但其对胃液分泌、胃液总酸度、胃黏膜组织中的 $\cdot\text{OH}$ 水平没有影响,推测可能与抑制MDA的生成有关。Ma等^[28]指出金龙胆草皂苷对乙醇引起的胃溃疡具有保护胃黏膜的作用,其具有显著降低溃疡指数、降低MDA含量、提高超氧化物歧化酶活力的作用。

2.3 抗肿瘤作用

金龙胆草皂苷对宫颈癌 HeLa 细胞以及肺癌 SPC-A1 细胞的生长均具有抑制作用,刘培等^[29]研究表明金龙胆草皂苷可抑制癌细胞生长,并出现特征性DNA凋亡梯状带,而半胱氨酰天冬氨酸特异性蛋白酶-3的含量显著增加。在此基础上, Ma等^[30-31]和Liu等^[32]对金龙胆草皂苷抑制癌症的机制进行了研究,结果表明金龙胆草皂苷是通过双靶向抑制细胞自噬,破坏线粒体膜电位引起线粒体凋亡,抑制癌细胞的迁移和侵袭,引起癌细胞S期的停滞以及抑制核转录因子- κB (NF- κB) 信号通路等多种方式抑制癌细胞的生长。

2.4 抑菌作用

金龙胆草皂苷水溶液对革兰阳性菌金黄色葡萄

球菌、白色葡萄球菌和枯草芽孢杆菌有很好的抑制作用,而对革兰阴性菌大肠杆菌、绿脓杆菌等无抑制作用^[23,33]。金龙胆草树脂对甲型链球菌、流感杆菌及脑膜炎球菌均有抑制作用^[25]。

3 遗传多样性分析

遗传多样性是生物多样性的重要组成部分,是重要的生物资源,主要的研究手段包括形态学标记、细胞学标记和DNA分子标记等。刘姗^[34]利用形态学研究结合分子标记调查了金龙胆草的遗传多样性,分析了野生种和栽培种的形态差异,研究了16个不同地区的金龙胆草样品随机扩增多态性DNA(RAPD)分子标记和相关序列扩增多态性(SRAP)分子标记。结果表明在外观上栽培金龙胆草和野生金龙胆草的地上部分并无明显差异,但栽培的根系更为发达。在超显微结构上栽培种叶片偶可见圆形气孔,其余结构两者差别不大。利用15条RAPD引物和12对SRAP引物对16个金龙胆草样品进行分子标记研究,分别获得了140个和318个多态位点,RAPD-SRAP结合分析表明金龙胆草遗传多样性并不丰富,这可能与其生长地较为集中相关。此外,陈惠等^[35]在RAPD分子标记的基础上开发了一种用于鉴别金龙胆草与混淆品的特异性分子标记,利用该标记可根据琼脂糖凝胶电泳结果直观地判断是否为金龙胆草正品,此法快速、灵敏、准确性高、重复性好。

4 次生代谢物合成途径

金龙胆草的研究主要集中于化学成分和药理作用方面,关于其次生代谢物合成途径的研究较少且起步较晚,但次生代谢物合成途径的研究对金龙胆草的应用和发展至关重要。因此从2010年起本课题组对其重要化合物皂苷、苦蒿素及黄酮的合成途径进行了初步研究,获得了部分关键酶的信息。

4.1 皂苷合成途径

本课题组通过金龙胆草叶片转录组数据库^[36]筛选克隆了皂苷合成途径的鲨烯环氧酶基因(CbSQE)^[37]和 β -香树脂醇合酶基因(Cb β AS)^[38]。CbSQE cDNA全长1 575 bp, DNA全长5 292 bp,具有7个内含子,生物信息学分析结果表明其基因和蛋白结构特征均与同源基因一致。Cb β AS cDNA全长2 286 bp, DNA全长5 141 bp,具有17个内含子,茉莉酸甲酯诱导后发现Cb β AS基因表达量呈明显上升趋势,在酿酒酵母中验证Cb β AS功能,结果显示其可合成产物 β -香树脂醇。

4.2 苦蒿素合成途径

本课题组通过快速扩增 cDNA 末端 (RACE) 技术克隆获得了苦蒿素合成途径的 1-脱氧-D-木酮糖-5-磷酸合酶基因 (CbDXS)^[39]和牻牛儿苗基牻牛儿苗焦磷酸合酶基因 (CbGGPPS)^[40], 并利用半定量技术检测了它们在不同时期不同组织的表达情况, 结合高效液相色谱测得的对应时期、组织的苦蒿素含量, 分析了 2 个基因与苦蒿素的相关性, 结果显示它们与苦蒿素的合成均呈正相关。

4.3 黄酮合成途径

刘姍等^[41]通过 RACE 技术克隆获得了金龙胆草黄酮合成途径的查耳酮合酶基因 (CbCHS), 并通过 RT-PCR 技术检测了该基因在金龙胆草花期表达时空性。研究结果发现 CbCHS DNA 具有 2 个内含子, 是一个较为罕见的序列, 这对后续 CHS 基因的研究有着重要意义。半定量结果显示 CbCHS 在根中表达量最低, 与其余部位存在显著差异。

5 应用

金龙胆草除用于金龙胆草浸膏片等药物以外, 也被添加入化妆品及饲料中。例如, 上海珍馨化工科技有限公司申请了金龙胆草爽肤水专利^[42]; 张吉林等^[43]发明了剥离型金龙胆草面膜; 梅普农^[44]发明了含有金龙胆草的中草药饲料添加剂; 青岛华仁技术孵化器有限公司申请了含有金龙胆草的用于提高仔猪免疫力的饲料添加剂^[45]等。由此可见金龙胆草具有广阔的应用前景。

6 结语与展望

金龙胆草为川滇黔地区的道地中药材, 是治疗慢性支气管炎的良药。但因地域限制的原因, 该药材未得到很好的开发利用。目前主要的研究局限于其化学成分和药理作用, 对其作用机制, 特别是治疗慢性支气管炎的机制涉及甚少, 且药物应用范围较窄。而对其重要次生代谢物合成途径的研究更是浅显, 还有许多重要的关键酶、调控因子处于未知状态, 无法满足代谢调控的需求。因此一方面应加强对其药效药理的研究, 拓展其用药范围; 另一方面应加强其重要次生代谢物合成途径的研究, 为重要成分含量的提高打下基础, 从而更好地开发利用金龙胆草资源。

参考文献

- [1] 董运贤. 野生金龙胆草的人工栽培技术 [J]. 中国中药杂志, 2003, 28(10): 83-84.
- [2] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志 [M].

北京: 科学出版社, 1985.

- [3] 昆明市卫生局. 昆明民间常用草药 [M]. 上海: 上海东方红印刷厂, 1970.
- [4] 四川省西昌地区革命委员会卫生局. 西昌中草药 [M]. 西昌: 西昌卫生局, 1972.
- [5] 贵州省中医研究院. 贵州中草药名录 [M]. 贵阳: 贵州人民出版社, 1988.
- [6] 中国药典 [S]. 一部. 2015.
- [7] 苏艳芳, 果德安, 孙緬恩, 等. 金龙胆草萜类成分的研究 [J]. 中草药, 2001, 32(12): 1067-1068.
- [8] Su Y F, Guo D, Guo H, et al. Four new triterpenoid saponins from *Conyza blinii* [J]. *J Nat Prod*, 2001, 64(1): 32-36.
- [9] Su Y F, Koike K, Guo D, et al. New apiose-containing triterpenoid saponins from *Conyza blinii* [J]. *Tetrahedron*, 2000, 57(31): 6721-6726.
- [10] Su Y F, Koike K, Nikaido T, et al. Conyzasaponins I-Q, nine new triterpenoid daponins from *Conyza blinii* [J]. *J Nat Prod*, 2003, 66(12): 1593-1599.
- [11] Yang C R, He Z T, Li X C, et al. Blinin, a neoclerodane diterpent from *Conyza blinii* [J]. *Phytochemistry*, 1989, 28(11): 3131-3134.
- [12] Nikaido T, Xu L, Guo D, et al. A new trans-clerodane diterpene lactone from *Conyza blinii* [J]. *Heterocycles*, 1999, 51(3): 605-609.
- [13] Su Y F, Guo D, Cui Y, et al. A new phenolic glycoside and a new trans-clerodane diterpene from *Conyza blinii* [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2001, 3(3): 229-233.
- [14] 苏艳芳, 罗洋, 陈磊, 等. 白酒草属植物化学成分的研究进展 [J]. 天然产物研究与开发, 2006, 18(5): 878-882.
- [15] 戴鸣辉. 金龙胆草化学成分的研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2017.
- [16] 陈磊. 金龙胆草低极性部分化学成分研究 [D]. 天津: 天津大学, 2007.
- [17] 徐丽萍, 刘建生, 敏德, 等. 金龙胆草的化学成分研究 (I) [J]. 中国中药杂志, 1998, 23(5): 293-295.
- [18] 苏艳芳, 刘建生, 果德安, 等. 金龙胆草黄酮类成分的研究 [J]. 中草药, 2001, 32(6): 496-497.
- [19] 罗洋. 白酒草属药用植物小飞蓬和金龙胆草化学成分研究 [D]. 天津: 天津大学, 2005.
- [20] 苏艳芳, 陈磊, 罗洋, 等. 金龙胆草化学成分及其抗溃疡活性研究 (I) [J]. 中草药, 2007, 38(3): 332-334.
- [21] 廖时萱, 梁清华, 张静, 等. 民间药矮脚苦蒿挥发油的气相质谱分析 [J]. 中国民族民间医药, 1994, 8(3): 34-35.
- [22] 郑天润, 刘姍, 孙蓉, 等. 金龙胆草中无机元素的测定和相关性分析 [J]. 分子植物育种, 2016, 14(4):

- 1021-1026.
- [23] 齐永清, 徐锡成, 何厚文, 等. 金龙胆草总皂甙的初步实验研究 [J]. 中成药, 1983(6): 36.
- [24] 李良信. 金龙胆草皂甙片与强力霉素片对比治疗慢性管气炎 310 例疗效观察 [J]. 成都中医药大学学报, 1980, 12(6): 29-34.
- [25] 四川成都金龙胆草治疗慢性气管炎协作组. 金龙胆草治疗慢性气管炎的药剂及临床研究 [J]. 新医学, 1976, 7(6): 260-262.
- [26] 齐永清. 金龙胆草树脂气雾剂治疗喘息型慢性气管炎 188 例疗效观察及药物药理实验研究 [J]. 现代临床医学, 1979(1): 42-48.
- [27] 马俊江, 李 静, 苏艳芳, 等. 金龙胆草总苷对大鼠幽门结扎胃溃疡的防治作用及其机制 [A] // 第七届中国抗炎免疫药理学术会议论文摘要集 [C]. 北京: 中国药理学会, 2000.
- [28] Ma L, Liu J. The protective activity of *Conyza blinii* saponin against acute gastric ulcer induced by ethanol [J]. *J Ethnopharmacol*, 2014, 158(part A): 358-363.
- [29] 刘 培, 周立军, 苏艳芳, 等. 金龙胆草总皂苷诱导 HeLa 细胞和 SPC-A1 细胞凋亡的研究 [J]. 中国药房, 2011, 22(35): 3288-3291.
- [30] Ma L, Liu H, Qin P, *et al.* Saponin fraction isolated from *Conyza blinii* H. Lév. demonstrates strong anti-cancer activity that is due to its NF- κ B inhibition [J]. *Biochem Biop Res Commun*, 2017, 483(1): 779-785.
- [31] Ma L, Liu H, Meng L, *et al.* Evaluation of the anti-cancer activity of the triterpenoidal saponin fraction isolated from the traditional Chinese medicine *Conyza blinii* H. Lév [J]. *Rsc Adv*, 2017, 7(6): 3408-3412.
- [32] Liu H, Hu C, Sun N, *et al.* A triterpenoidal saponin fraction of *Conyza blinii* H. Lév. is a dual-targeting autophagy inhibitor for HeLa cells [J]. *Rsc Adv*, 2017, 7(39): 24291-24297.
- [33] 王寅生, 聂 亮, 方 亮, 等. 金龙胆草提取液体外抑菌活性分析 [J/OL]. 基因组学与应用生物学, 2018-01-31. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/45.1369.Q.20180131.1119.004.html>.
- [34] 刘 珊. 攀西金龙胆草种质资源及其查尔酮合酶基因和 β -香树酯合酶基因的克隆研究 [D]. 雅安: 四川农业大学, 2014.
- [35] 陈 惠, 刘 珊, 孙 蓉, 等. 一种利用 SCAR 技术鉴别金龙胆草及其混淆品的 SCAR 引物及其方法: 中国, ZL201310373522. 1 [P]. 2015-03-11.
- [36] 孙 蓉, 刘 珊, 唐自钟, 等. 四川道地中药金龙胆草叶片转录组特性研究 [J]. 分子植物育种, 2015, 13(12): 2754-2760.
- [37] 孙 蓉, 罗 吉, 刘 珊, 等. 金龙胆草鲨烯环氧酶基因的克隆及原核表达 [J]. 基因组学与应用生物学, 2016, 35(11): 3141-3146.
- [38] Sun R, Liu S, Tang Z Z, *et al.* β -Amyrin synthase from *Conyza blinii* expressed in *Saccharomyces cerevisiae* [J]. *Febs Open Bio*, 2017, 7(10): 1575-1585.
- [39] Sun R, Liu S, Gao J L, *et al.* Cloning and expression analysis of 1-deoxy-D-xylulose-5-phosphate synthase gene from the medicinal plant *Conyza blinii* H. Lév [J]. *Turk J Biol*, 2014, 38(5): 664-670.
- [40] 孙 蓉. 金龙胆草苦蒿素途径两个关键酶基因的克隆以及表达分析 [D]. 雅安: 四川农业大学, 2014.
- [41] 刘 珊, 孙 蓉, 唐自钟, 等. 金龙胆草查尔酮合酶基因 (CHS) 的克隆及其在花期不同组织的表达量分析 [J]. 农业生物技术学报, 2014, 22(6): 703-711.
- [42] 上海珍馨化工科技有限公司. 金龙胆草爽肤水: 中国, 2013102833759 [P]. 2013-09-25.
- [43] 张吉林, 徐 慧. 剥离型金龙胆草面膜及其制备方法: 中国, ZL2013102004568 [P]. 2015-05-20.
- [44] 梅普农. 中草药饲料添加剂: 中国, ZL2012103118928 [P]. 2013-10-09.
- [45] 青岛华仁技术孵化器有限公司. 用于提高仔猪免疫力的饲料添加剂: 中国, 2014104731171 [P]. 2014-12-24.