

## 黄花角蒿的历史沿革、化学成分及药理活性研究进展

李 硕<sup>1,2,3</sup>, 李 响<sup>1</sup>, 杨 康<sup>1</sup>, 杨秀娟<sup>1,2,3\*</sup>, 王智勇<sup>4</sup>, 施小宁<sup>1,2,3</sup>, 李越峰<sup>1,2,3\*</sup>

1. 甘肃中医药大学, 甘肃 兰州 730000
2. 甘肃省高校中(藏)药化学与质量研究省级重点实验室, 甘肃 兰州 730000
3. 甘肃省中药质量与标准研究重点实验室培育基地, 甘肃 兰州 730000
4. 甘肃省中药现代制药工程研究院有限公司, 甘肃 兰州 730000

**摘要:** 黄花角蒿 *Incarvillea sinensis* var. *przewalskii* 为紫葳科 (Bignoniaceae) 角蒿属多年生草本植物, 主产于甘肃、陕西、青海、四川等地, 民间多用其治疗咽炎及口疮, 疗效显著, 基于黄花角蒿中的化学成分推测, 其还具有镇痛、抗炎、抗损伤、抗癌、抗氧化等作用。自古代本草记载以来, 黄花角蒿多被记载为角蒿 *Incarvillea sinensis*, 与角蒿植株记载混乱, 故对黄花角蒿进行本草考证, 对其历史沿革、化学成分及药理作用进行总结与归纳, 为研究黄花角蒿进一步研究奠定理论基础。

**关键词:** 黄花角蒿; 历史沿革; 化学成分; 镇痛; 抗炎; 抗损伤; 抗癌; 抗氧化

**中图分类号:** R286.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2021)22-7066-06

**DOI:** 10.7501/j.issn.0253-2670.2021.22.033

## Research progress on historical evolution, chemical constituents and pharmacological activities of *Incarvillea sinensis* var. *przewalskii*

LI Shuo<sup>1,2,3</sup>, LI Xiang<sup>1</sup>, YANG Kang<sup>1</sup>, YANG Xiu-juan<sup>1,2,3</sup>, WANG Zhi-yong<sup>4</sup>, SHI Xiao-ning<sup>1,2,3</sup>, LI Yue-feng<sup>1,2,3</sup>

1. Gansu University of Traditional Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China
2. Key Laboratory of Chemistry and Quality for Traditional Chinese Medicines of the College of Gansu Province, Lanzhou 730000, China
3. Key Laboratory of Traditional Chinese Medicine Quality and Standard, Lanzhou 730000, China
4. Gansu Province Traditional Chinese Medicine Modern Pharmaceutical Engineering Research Institute, Lanzhou, 730000, China

**Abstract:** *Incarvillea sinensis* var. *przewalskii* (Batalin) C. Y. Wu et W. C. Yi is a perennial herb of the genus *Incarvillea* in The family Bignoniaceae, mainly produced in Gansu, Qinghai, Sichuan and other places, it is widely used in the folk treatment of pharyngitis and aphthous ulcer, with remarkable curative effect, It is speculated that it also has analgesic effect, anti-inflammatory, anti-cancer, anti-oxidation and other effects. Since the ancient herb records, *Incarvillea sinensis* var. *przewalskii* has been mostly recorded as *I. sinensis* Lam. In this paper, the historical development, chemical components and their pharmacological effects were inferred according to the effects of chemical constituents of *Incarvillea sinensis* Lam. var. *przewalskii* and the active components and pharmacological activities of the medicine were predic summarized, laying a certain theoretical foundation for the study of clinical application value of this medicine.

**Key words:** *Incarvillea sinensis* Lam. var. *przewalskii* (Batalin) C. Y. Wu et W. C. Yi; historical evolution; chemical constituents; pharmacological activities

黄花角蒿 *Incarvillea sinensis* Lam. var. *przewalskii* (Batalin) C. Y. Wu et W. C. Yi, 别名芨芨蒿、羊角蒿等, 为紫葳科 (Bignoniaceae) 角蒿属 *Incarvillea* Lam. 多年生草本植物, 分布于甘肃、陕

收稿日期: 2021-03-06

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (81960713); 甘肃省中医药管理局项目 (GZK-2017-7, 2018ZD04); 甘肃省自然科学基金项目 (18JR3RA201); 甘肃省高校中(藏)药化学与质量研究省级重点实验室项目 (zzy-2018-06); 甘肃省高等学校创新基金项目 (2021A-079); 敦煌医学与转化教育部重点实验室 2020 年度开放课题 (DHYX20-10); 甘肃省高等学校创新项目 (2019A-077)

作者简介: 李 硕, 硕士生导师, 副教授, 研究方向为中药品种鉴定及其道地性形成机制研究。Tel/Fax: 13919824303 E-mail: 290608323@qq.com

\*通信作者: 李越峰, 博士生导师, 教授, 研究方向为中药及复方活性成分及炮制机制研究。Tel/Fax: (0791)87119032 E-mail: zfwu527@163.com  
杨秀娟, 硕士生导师, 副教授, 研究方向为临床中药学。Tel: 15101232622 E-mail: zfwu527@163.com

西、青海、四川等省区，为我国特有种。在甘肃民间习称角蒿。在我国北方地区被用做“透骨草”，称为“羊角透骨草”。

角蒿属 *Incarvillea* Lam. 植物在全世界有 15 种，我国分布有 11 种，3 变种，主要生长在西南、西北、东北及华北等地<sup>[1]</sup>。大部分角蒿属植物可药用于治疗肝炎、胃痛、风湿、月经不调、高血压、骨折肿痛、头晕、贫血、结石等症<sup>[2]</sup>。

黄花角蒿为角蒿 *I. sinensis* Lam. 的变种，在夏秋季采集全草，主要分布于甘肃、陕西、青海等省区。据报道，该植物具有祛风除湿、解毒杀虫等功效，甘肃民间常用于治疗咽炎及口疮<sup>[3-4]</sup>，疗效显著。近年来，文献报道的角蒿属植物研究主要集中在角蒿的资源分布、化学成分等方面，对其变种黄花角蒿鲜有报道。本文在文献整理分析的基础上，对黄花角蒿的本草记载及历史沿革进行总结，比较黄花角蒿与角蒿植物形态学差异，对其化学成分及可能存在的药理作用进行分析，为黄花角蒿的及资源开发利用提供参考依据。

## 1 黄花角蒿的历史沿革

### 1.1 本草及典籍记载

在历代本草中未见到关于“黄花角蒿”的记载，均以“角蒿”名收载（表 1），且关于形态的描述也较为简单，如《本草衍义》曰：“角蒿茎叶如青蒿，开淡红紫花……”。根据描述“花为黄色或淡黄色”的黄花角蒿还未出现。

《中国植物志》中描述，黄花角蒿最早命名时间是 1892 年。此后，《兰州植物通志》（1962 年）记载黄花角蒿与角蒿极近似，但花淡黄色，叶及毛被形态多变异而不同，花期 7~9 月。《甘肃中草药资源志》（2004 年）描述黄花角蒿药用价值时以角蒿名代之，并描述了其传统药用方法。2020 年 7 月，甘肃省药品监督管理局审定发布的《甘肃省中藏药材标准》<sup>[7]</sup>中角蒿的来源主要为紫葳科植物黄花角蒿 *Incarvillea sinensis* Lam. var. *przewalskii* (Batalin) C. Y. Wu et W. C. Yi 的干燥根。

根据本草考证，黄花角蒿是在近代角蒿生长演变过程中形态发生变异产生的变种，民间临床应用并未将二者进行明确区分。

表 1 角蒿历代本草记载<sup>[5-6]</sup>

Table 1 Records of *I. sinensis* in the past dynasties<sup>[5-6]</sup>

本草	年代	作者	应用及鉴定
《备急千金药方》	唐	孙思邈	为口疮之神药，不知之。治“口中疮久不差，入胸中并生疮，三年已上，不差者方。角蒿灰傅之，一宿知，二宿差，有汁吐之，不得咽也”
《新修本草》	唐	唐代政府	首次有关于角蒿植物形态的描述，曰：“叶似白蓄，花如瞿麦，红赤叮处，子似王不留行，墨色作角，七月、八月采。”其中描述的山茵陈不是角蒿
《千金翼方》	唐	孙思邈	味辛苦平有小毒，主甘湿盛诸恶疮有虫者
《蜀本草》	五代	韩保升	叶似蛇床青蒿等，子角似蔓菁，实黑细，秋熟，所在皆有之
《本草衍义》	宋	寇宗爽	角蒿茎叶如青蒿，开淡红紫花，花大约径三四分，花罢结角子，长二寸许，微弯；苗与角治口齿绝胜
《本经逢源》	清	张路玉	区分茵陈有二种，一种叶细如青蒿者名绵茵陈，专于利水，为湿热黄疸要药。一种生子如铃者，名山茵陈，又名角蒿，其味苦辛小毒，专于杀虫，拍口齿绝胜
《本草求真》	清	黄宫绣	茵陈本有 2 种。叶细而青蒿者可用，若生子如铃，则为山茵陈矣。专于杀虫，及治口疮

### 1.2 植物形态

黄花角蒿与角蒿在植物形态上的区别首见于《中国植物志》，此后，《兰州植物通志》《甘肃中草药资源志》均对二者的植物形态进行了详细描述，具体形态差异见表 2、图 1<sup>[8]</sup>。

## 2 化学成分

目前，生物碱类化合物作为黄花角蒿的主要

成分，也是黄花角蒿的特征成分之一，但对黄花角蒿的化学成分研究极少。高燕萍等<sup>[9]</sup>采用正相硅胶、凝胶 Sephadex LH-20 以及半制备高效液相色谱等多种色谱技术，运用核磁共振光谱（NMR）、质谱（MS）等波谱学等方法从黄花角蒿全草 80%乙醇水溶液提取物中分离得到 13 个化合物，包括生物碱和苯乙醇苷类化合物，分别

表 2 黄花角蒿与角蒿植物形态对比

Table 2 Comparison of plant morphology between *I. sinensis* var. *przewalskii* and *I. sinensis*

项目	角蒿	黄花角蒿
植株形态	一年生至多年生草本，具分枝的茎，高达 80 cm	一年生草本，高 25~80 cm
根	根近木质而分枝	根呈圆柱形，多分枝，上粗下细，较弯曲，土黄色或灰黄色，有纵皱纹及横长皮孔，质较硬而脆，有粉性，断面形成层环较明显，皮部呈黄绿色，木部黄白色
茎与叶	茎直立，基部叶对生，叶互生，不聚生于茎的基部，2~3 回羽状细裂，形态多变异，长 4~6 cm，小叶不规则细裂，末回裂片线状披针形，具细齿或全缘	茎直立，具纵沟纹及棱角、被微毛，叶在茎基部对生，上部互生，2~3 回羽状深裂至全裂，裂片条形或条状披针形，叶柄长 1.5~3 cm，疏被短毛
花	总状花序顶生，疏散，长达 20 cm；花梗长 1~5 mm；小苞片绿色，线形，长 3~5 mm，花萼钟状，绿色带紫红色，长和宽均约 5 mm，萼齿钻状，萼齿间皱褶 2 浅裂。花冠淡玫瑰色或粉红色，有时带紫色，钟状漏斗形，基部收缩成细筒，长约 4 cm，直径粗 2.5 cm，花冠裂片圆形，雄蕊 4，2 强，着生于花冠筒近基部，花药成对靠合，花柱淡黄色；花期 5~9 月	总状花序顶生，含 4~18 花，花梗短，密被短毛；花萼钟形，先端 5 裂，花冠黄色或淡黄色，钟状漏斗形，长 2~4 cm，檐部 5 裂，略呈 2 唇形，上唇 2 裂片相等，下唇 3 裂，中裂片稍大；雄蕊 4，2 强；子房上位，雌蕊着生于扁平花盘上，长 6 mm，密被腺毛，花期 7~9 月
果实与种子	蒴果淡绿色，细圆柱形，顶端尾状渐尖，长 3.5~5.5 cm，粗约 5 mm。种子扁圆形，细小，直径约 2 mm，四周具透明的膜质翅，顶端具缺刻；果期 10~11 月	蒴果长角状，弯曲，长 6~11 cm，先端渐尖，熟时瓣裂，内含多数种子；种子卵圆形，褐色，周围具透明的膜质翅，翅宽 1~2 mm。气微，味苦，种子扁圆形，细小，直径约 2 mm，四周具透明的膜质翅，顶端具缺刻，果期 10~11 月 <sup>[1]</sup>



图 1 黄花角蒿及角蒿植物

Fig. 1 Plant chart of *I. sinensis* var. *przewalskii* and *I. sinensis*

为角蒿原碱 (incavilline, 1)、角蒿酯碱 (incavillateine, 2)、角蒿辛 C (incasine C, 3)、7-羟基多花藤碱 (7-hydroxy-dehydroskytanthine, 4)、类叶升麻苷 (acteoside, 5)、地黄苷 (martynoside, 6)、对丁氧基红景天苷 (*p*-butoxyl-salidroside, 7)、去酰基异角胡麻苷 (desiacylisomartynode, 8)、去咖啡酰基类叶升麻苷 (decaffeylacteoside, 9)、carceorioside B (10)、红景天苷 (salidroside, 11)、苯乙醇葡萄糖苷 (phenethylalcohol glucoside, 12)、去酰基类叶升麻苷二甲醚 (deacylacteoside dimethylether, 13)。结构图见图 2。

黄花角蒿作为角蒿的变种，其存在的化学成分多在其他角蒿属植物中同样存在，根据类源相似性，黄花角蒿中更多的角蒿属成分有待研究。

### 3 药理活性

黄花角蒿作为角蒿变种之一，其干燥的整株植物在传统上用于治疗风湿病和缓解疼痛。目前，黄花角蒿中明确的成分包括角蒿原碱、角蒿酯碱、角蒿辛 C、7-羟基多花藤碱、类叶升麻苷、地黄苷、对丁氧基红景天苷、去酰基异角胡麻苷、去咖啡酰基类叶升麻苷、carceorioside B、红景天苷、苯乙醇葡萄糖苷、去酰基类叶升麻苷二甲醚等。结合现有

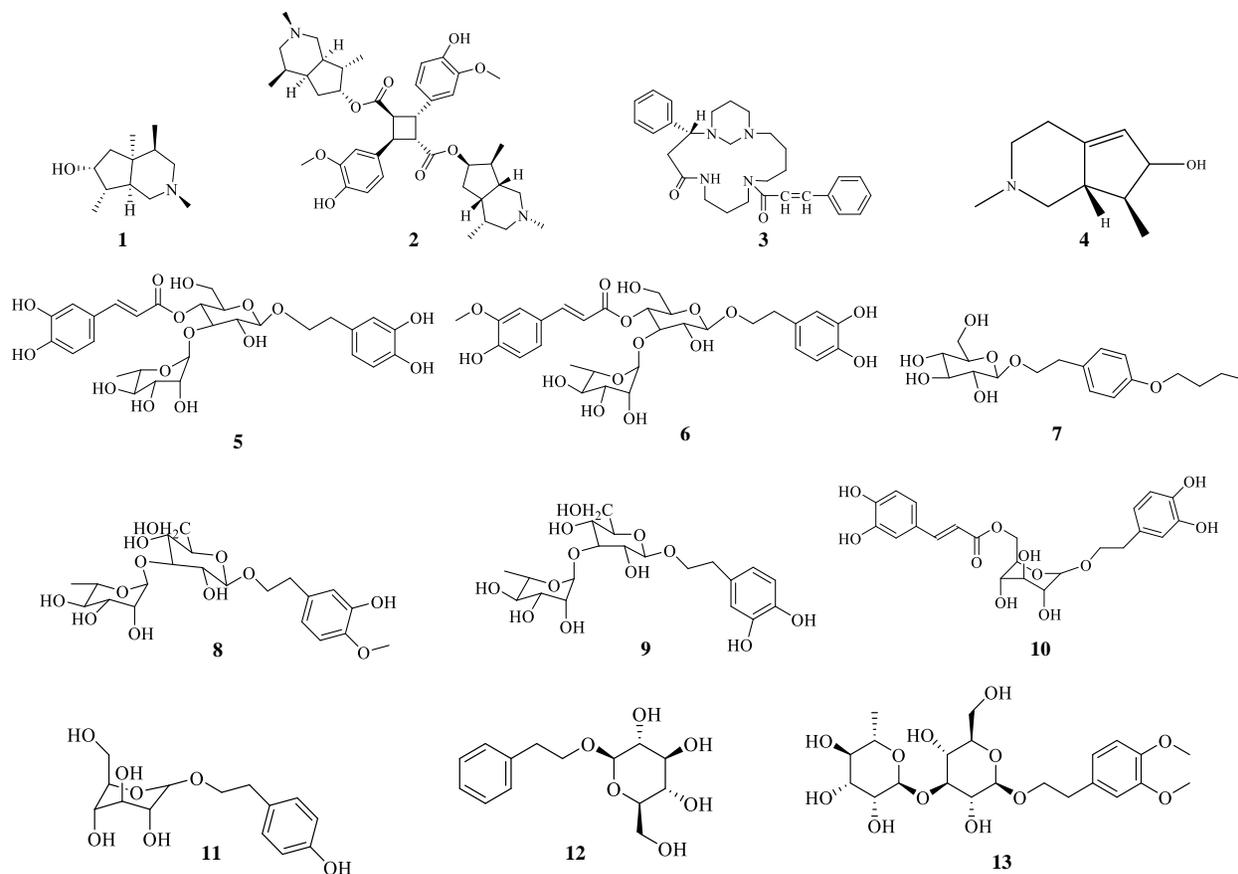


图2 黄花角蒿中化合物结构

Fig. 2 Structures of compounds in plants of *I. sinensis* var. *przewalskii*.

黄花角蒿中明确的化学成分, 分析其药理研究主要在镇痛作用方面比较集中, 其次还具有抗炎、抗损伤、抗癌、抗氧化等作用<sup>[10-15]</sup>。

### 3.1 镇痛作用

迟玉明等<sup>[16]</sup>研究发现从角蒿属黄花角蒿等植物中分离得到的单萜生物碱角蒿酯碱 (incarcillateine, **2**) 具有显著的镇痛效果, 且作用机制不同于吗啡。同时, 课题组相关研究发现其作用可能与影响中枢阿片通路有关<sup>[17-18]</sup>。Wang 等<sup>[19]</sup>通过一系列动物模型, 系统评估了角蒿酯碱 (**2**) 对急性疼痛、神经性疼痛和炎症疼痛的作用。发现对神经性疼痛和炎症性疼痛有效, 作用机制与腺苷系统的激活有关。Nakamura 等<sup>[20]</sup>通过构效关系研究, 发现单萜生物碱结构中的环丁烷部分在镇痛保护中起着重要的作用, 该类化合物作为新型非麻醉性镇痛新药的重要先导化合物具有较大的开发空间<sup>[21]</sup>。

### 3.2 抗炎作用

王美亮<sup>[22]</sup>在二甲苯诱导的耳肿胀和完全弗氏佐剂 (complete freund's adjuvant, CFA) 所致的足肿胀模型上评价角蒿酯碱 (**2**) 的抗炎活性, 发现角

蒿酯碱对二甲苯诱导的耳肿胀有显著性抑制作用, 同时, 角蒿酯碱 (20 mg/kg, ip) 在 CFA 诱导的足肿胀模型上有抗炎活性。

### 3.3 抗损伤作用

迟玉明等<sup>[23]</sup>在福尔马林试验前通过注射阿片拮抗剂去甲萘托啡胺 (nor-binaltorphimine, nor-BNI)、富那特氨 ( $\beta$ -funaltrexamine,  $\beta$ -FNA) 和纳尔曲啉啉 (naltrindole, NTI) 研究角蒿酯碱 (**2**) 的抗损伤机制实验结果显示角蒿酯碱的抗损伤作用是被 nor-BNI ( $k$  受体拮抗剂) 和 FNA ( $\mu$  受体拮抗剂) 拮抗, 而 NTI ( $\beta$  受体拮抗剂) 不影响其作用。同时发现, 抗损伤作用的产生是由  $\mu$  受体、 $k$  受体和腺苷受体的激活引起的。红景天苷 (**11**) 通过抗氧化作用, 激活 Rho A-MAPK、AMPK/SIRT1 和 PI3K/Akt 信号通路, 对抗各种损伤因子引起的氧化应激, 抑制炎症细胞因子表达, 防止细胞内  $Ca^{2+}$  超载和半胱天冬酶-3 活化, 保护神经细胞和干细胞免遭凋亡性损伤<sup>[24]</sup>。

### 3.4 抗癌作用

角蒿属植物中分离得到的生物碱类化合物对胃

癌细胞 BGC-823 具有明显抑制活性 ( $IC_{50} < 10 \mu\text{mol/L}$ ), 能够促进胃癌 BGC-823 细胞  $G_0/G_1$  期阻滞和凋亡, 影响胃癌细胞 BGC-823 细胞骨架的重组, 减少细胞片状伪足的形成, 抑制 Rac1 的活性<sup>[25]</sup>。黄大森等<sup>[10]</sup>发现角蒿酯碱 (2) 对人原位胰腺腺癌 BxPC-3 细胞、人胰腺癌 SW1990 细胞、人非小细胞肺癌 NCI-H157、人小细胞肺癌 NCI-H446 细胞 4 种人肿瘤细胞均具有中等抑制活性的作用。周利红等<sup>[26]</sup>发现类叶升麻苷 (5) 对裸鼠大肠癌移植瘤的生长抑制作用显著, 且发现随着其浓度的增加, 抑制性凋亡基因 Bcl-2 的表达明显降低, 而促进性凋亡基因 Bax、P53 及 HIPK2 的表达明显增加。这表明类叶升麻苷可能是通过调节裸鼠体内相关凋亡基因的表达从而发挥抗肿瘤作用的。

### 3.5 抗氧化作用

潘为高等<sup>[27]</sup>发现在  $0.64 \sim 2.56 \text{ mg/mL}$  的剂量范围内类叶升麻苷 (5) 对果蝇的生存时间有显著影响, 当剂量偏高或偏低时效果不理想。高莉等<sup>[28]</sup>研究发现类叶升麻苷 (5) 能够改善小鼠学习记忆功能, 能明显提高小鼠血清和脑组织内超氧化物歧化酶 (superoxide dismutase, SOD) 和谷胱甘肽过氧化物酶 (glutathione peroxidase, GSH-Px) 活性, 降低血清和脑组织内丙二醛 (malondialdehyde, MDA) 含量。Mao 等<sup>[29]</sup>研究发现红景天苷 (11) 可以抑制小鼠神经和免疫系统内 D-半乳糖诱导的衰老作用, 通过改善肌肉活动, 增加记忆潜在时长, 提高淋巴细胞的增殖和白细胞介素-2 (interleukin-2, IL-2) 的产生与累积, 阻碍晚期糖基化产物 (advanced glycation end products, AGEs) 的增加, 从而发挥抗氧化作用。红景天苷 (11) 不仅对缺氧小鼠有保护作用, 而且能明显延长特异性心肌缺氧以及亚硝酸钠中毒小鼠的生存时间, 提高动物在不同缺氧状况下的生存能力<sup>[30]</sup>。另外, 红景天苷 (11) 能抑制缺氧引起的阴茎海绵体平滑肌细胞 (corporal cavernosum smooth muscle cells, CCSMc)、 $\alpha$ -肌动蛋白表达降低和合成型标志物骨桥蛋白 (osteopontin, OPN) 表达升高, 质量浓度为  $5 \text{ mg/L}$  时与前列腺素 E1 (prostaglandin E1, PGE1)  $0.4 \mu\text{g/mL}$  时作用几乎相当<sup>[31]</sup>。

### 3.6 其他

类叶升麻苷 (5) 对乳腺癌细胞和成骨细胞具有抗雌激素作用<sup>[32]</sup>。红景天苷 (11) 通过阻滞 Notch 信号通路, 促进 BMP 信号通路, 上调表达多种神

经营养因子, 提高细胞增殖和功能, 诱导间充质干细胞和神经干细胞定向分化成神经元, 从而加速神经修复、再生和功能恢复<sup>[33]</sup>。

## 4 讨论

通过对角蒿历代本草记载整理得出, 自唐代以来角蒿和黄花角蒿没有进行区分, 在杀虫和除疮方面均有研究, 如用角蒿灰治疗口疮, 效果好, 无副作用。角蒿洗涤剂治疗腹泻, 民间用之久已, 冠以“憋猪草”之称<sup>[34]</sup>。现代研究表明, 黄花角蒿作为角蒿植株的变种, 与角蒿具有同源性又有差异性, 根据黄花角蒿中已鉴定得出的成分推测黄花角蒿可能具有镇痛、抗炎、抗损伤, 抗癌、抗氧化等作用, 但应进一步对其化学成分、药理作用及物质基础进行研究, 扩大角蒿属植株的药用范围, 扩充角蒿属植物药用资源。2020年7月, 甘肃省药品监督管理局审定发布的《甘肃省中藏药材标准》中角蒿的来源主要为紫葳科植物黄花角蒿的干燥根, 说明黄花角蒿具有一定的挖掘价值与开发潜力。未来的研究可针对黄花角蒿的化学成分, 结合网络药理、分子对接、代谢组学等技术进一步验证其药理活性, 挖掘作用物质基础及质量标志物, 为临床用药的安全有效提供科学依据。

本研究对黄花角蒿的历史沿革、化学成分及药理作用简要小结, 表明黄花角蒿具有一定的发展潜力, 为进一步研究黄花角蒿奠定一定理论基础。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

## 参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志 (69卷) [M]. 北京: 科学出版社, 1990: 36.
- [2] 邹琼宇, 陈德力, 黄园园, 等. 角蒿属植物化学成分及药理活性研究进展 [J]. 中草药, 2016, 47(3): 499-511.
- [3] 赵汝能, 张承忠, 李文惠, 等. 甘肃中草药资源志上册 [M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 2004: 23.
- [4] 晏永明, 董小萍, 程永现. 角蒿属药用植物化学与活性研究进展 [J]. 亚太传统医药, 2010, 60(4): 119-125.
- [5] 甘肃省中藏药材标准 [S]. 2020: 7, 10.
- [6] 石磊. 角蒿灰治疗口疮 [J]. 中国农村医学, 1981, 9(1): 10.
- [7] 张慧燕, 阎文玫. 阴行草与角蒿的本草考证 [J]. 中国医药学报, 1992, 7(5): 38-39.
- [8] 陈修源, 陈家峰. 角蒿的本草考证 [J]. 中药材, 1989, 12(3): 45.
- [9] 高燕萍, 钟国跃, 沈云亨. 黄花角蒿的化学成分研究

- [J]. 中草药, 2016, 47(5): 712-716.
- [10] 黄大森. 角蒿的化学成分和生物活性研究 [D]. 沈阳药科大学, 2009.
- [11] 吉腾飞, 冯孝章. 角蒿属植物化学成分和药理活性 [J]. 国外医药 (植物药分册), 2003, 18(4): 154-157.
- [12] Nakamura M, Kido K, Kinjo J, *et al.* Two novel actinidine-type monoterpene alkaloids from *Incarvillea delavayi* [J]. *Chem Pharm Bull*, 2000, 48(11): 1826-1827.
- [13] Chi Y M, Zhao X Y, Yoshizawa T, *et al.* Quantitative determination of incarvilleine in *Incarvillea sinensis* by solid phase extraction and high performance liquid chromatography [J]. *Chem Pharm Bull*, 2005, 53(11): 1472-1474.
- [14] Bian X, Zhang Y, Huang B, *et al.* Natural product incarvilleine aggravates epileptic seizures by inhibiting GABAA currents [J]. *Eur J Pharmacol*, 2019, 858: 172496.
- [15] 赵静. 角蒿总生物碱的分离提纯及药理作用的研究 [D]. 成都: 西南大学, 2012.
- [16] 迟玉明, 中村基之, 赵唏瑛, 等. 角蒿生物碱及镇痛活性物质 [J]. 天然产物研究与开发, 2005, 17(3): 362-365.
- [17] Chi Y M, Nakamura M, Zhao X Y, *et al.* Incarvilleae Alkaloids and antinociceptive substances [J]. *Nat Product Res Devel*, 2005, 17: 362-365.
- [18] Nakamura M, Chi Y M, Yan W M, *et al.* Strong antinociceptive effect of incarvilleine, a novel monoterpene alkaloid from *Incarvillea sinensis* [J]. *J Nat Prod*, 1999, 62(9): 1293-1294.
- [19] Wang M L, Yu G, Yi S P, *et al.* Antinociceptive effects of incarvilleine, a monoterpene alkaloid from *Incarvillea sinensis*, and possible involvement of the adenosine system [J]. *Sci Rep*, 2015, 5: 16107.
- [20] Nakamura M, Chi Y M, Yan W M, *et al.* Structure-antinociceptive activity studies of nearvilleine, a monoterpene alkaloid from *Incarvillea sinensis* [J]. *Planta Med*, 2001, 67(2): 114-117.
- [21] 迟玉明, Motoyuki N, Toyokiti Y, 等. 从天然物中开发新药 (英文) [A] // 生命科学与生物技术: 中国科协第三届青年学术年会论文集 [C]. 北京: 中国科学技术协会学术部, 1998.
- [22] 王美亮. 角蒿酯碱及其衍生物的构效关系与作用机制研究 [D]. 广西医科大学, 2014.
- [23] Chi Y M, Nakamura M, Yoshizawa T, *et al.* Pharmacological study on the novel antinociceptive agent, a novel monoterpene alkaloid from *Incarvillea sinensis* [J]. *Biol Pharm Bull*, 2005, 28(10): 1989-1991.
- [24] 张明发, 沈雅琴. 红景天苷的神经保护作用及作用机制研究进展 [J]. 药物评价研究, 2017, 40(7): 1019-1028.
- [25] 巩海凤. 角蒿生物碱的抗肿瘤活性及作用机理研究 [D]. 青海大学, 2019.
- [26] 周利红, 胡强, 陈星竹, 等. 麦角甾苷调节 HIPK2-P53 通路对人大肠癌裸鼠移植瘤的治疗作用 [J]. 世界华人消化杂志, 2014, 22(2): 171-178.
- [27] 潘为高, 蒋思萍, 罗彭, 等. 民族补益药藏波罗花根几种提取物的抗氧化活性和果蝇延寿作用 [J]. 中国天然药物, 2012, 10(1): 48-52.
- [28] 高莉, 林娟, 张富春, 等. 类叶升麻苷对 D-半乳糖致衰老小鼠抗氧化作用的研究 [J]. 中国药理学通报, 2013, 29(10): 1440-1443.
- [29] Mao G X, Deng H B, Yuan L G, *et al.* Protective role of salidroside against aging in a mouse model induced by D-galactose [J]. *Biomed Environ Sci*, 2010, 23(2): 161-166.
- [30] 金雪莲. 红景天苷在不同缺氧状况下抗缺氧作用的实验研究 [J]. 卫生职业教育, 2012, 30(3): 121-122.
- [31] 陈刚, 黄晓军, 吕伯东, 等. 红景天苷对低氧环境下大鼠阴茎海绵体平滑肌细胞  $\alpha$ -肌动蛋白和骨桥蛋白表达的影响 [J]. 中华男科学杂志, 2013, 19(8): 727-731.
- [32] Papoutsi Z, Kassi E, Mitakou S, *et al.* Acteoside and martynoside exhibit estrogenic/antiestrogenic properties [J]. *J Steroid Biochem Mol Biol*, 2006, 98(1): 63-71.
- [33] 张明发, 沈雅琴. 红景天苷的神经保护作用及作用机制研究进展 [J]. 药物评价研究, 2017, 40(7): 1019-1028.
- [34] 贾天才. 角蒿洗剂治腹泻 [J]. 邯郸医学学报, 1996(2): 169-170.

[责任编辑 时圣明]