黑沙蒿有效物质群中一个新的炔类化合物

王青虎*, 宋亚伟, 伊力奇, 伊德日, 那仁朝克图

(内蒙古民族大学蒙医药学院, 内蒙古 通辽 028000)

摘要: 采用经典硅胶柱色谱及薄层色谱对黑沙蒿有效物质群的化学成分进行分离, 并对分离得到化合物的波谱数据进行分析, 确定其结构。从黑沙蒿有效物质群中分离鉴定了9个炔类化合物, ordosin (**1**)、茵陈烯块 (**2**)、茵陈二炔酮 (**3**)、capillinol (**4**)、反−去氢母菊酯 (**5**)、茵陈素 (**6**)、邻羟基−茵陈烯块 (**7**)、capillaridin (**8**)、邻羟基−茵陈二炔酮 (**9**) 和1个二氢黄酮, 5-羟基-7,4′-二甲氧基二氢黄酮 (**10**), 其中化合物**1**为新的炔烃, **2**～**4**、**6**、**8**和**9**为从黑沙蒿中首次分离得到。通过测定化合物**1**～**4**、**6**、**8**和**9**对脂多糖 (LPS) 诱导的小鼠RAW264.7巨噬细胞培养液中一氧化氮 (NO) 释放量的影响, 评价其对炎症反应的抑制作用。活性筛选结果显示, 在10 μmol·L^{-1}浓度下, 化合物**1**～**4**、**6**、**8**和**9**均具有明显的NO抑制活性, 其抑制率分别为96.7%、88.4%、91.6%、77.8%、98.7%、86.7%和75.1%。

关键词: 黑沙蒿; 有效物质群; 炔类; 结构鉴定; 抗炎活性

中图分类号: R284 **文献标识码**: A **文章编号**: 0513-4870(2026)05-1744-05

A new alkyne from the effective substance groups of *Artemisia ordosica*

WANG Qing-hu*, SONG Ya-wei, Yi-li-qi , Yi-de-ri , Na-ren-chao-ke-tu

(*College of Traditional Mongolian Medicine, Inner Mongolia Minzu University, Tongliao 028000, China*)

Abstract: This study employs silica gel column chromatography and thin-layer chromatography to study the chemical constituents of the effective substance groups from *Artemisia ordosica*, and analyze the spectral data of the separated compounds to determine their structures. Nine alkynes, including ordosin (**1**), capillene (**2**), capillin (**3**), capillinol (**4**), *trans*-dehydromatricaria ester (**5**), capillarin (**6**), *o*-hydroxycapillene (**7**), capillaridin (**8**), *o*-hydroxycapillin (**9**), and one dihydroflavone, 5-hydroxy-7, 4′-dimethoxydihydroflavone (**10**), were isolated and identified from the effective substance groups of *Artemisia ordosica.* Among these, compound **1** is a new alkyne, while **2**−**4**, **6**, **8**, and **9** were isolated for the first time from *Artemisia ordosica*. By examining the effects of compounds **1**−**4**, **6**, **8**, and **9** on the release of nitric oxide (NO) in the culture medium of RAW264.7 macrophages induced by lipopolysaccharide (LPS), the inhibitory effect on inflammatory response was evaluated. The results revealed that compounds **1**−**4**, **6**, **8**, and **9** exhibited NO inhibitory activity at a concentration of 10 μmol·L^{-1}, with inhibition rates of 96.7%, 88.4%, 91.6%, 77.8%, 98.7%, 86.7% and 75.1%, respectively.

Key words: *Artemisia ordosica*; effective substance group; alkyne; structural identification; anti-inflammatory activity

黑沙蒿 (*Artemisia ordosica* Krasch.) 是菊科蒿属小灌木, 又名沙蒿、鄂尔多斯蒿、油蒿、籽蒿, 蒙语名哈拉一沙巴嘎, 分布于我国内蒙古、河北北部、山西北部等华北干旱半干旱地区, 防风固沙性能良好, 现宁夏、陕西北部、新疆和甘肃均有引种[1]。《中华本草》中记载, 黑沙蒿具有祛风、除湿、解毒、消肿等功效, 主治风湿性关节炎、痈肿疮疖、咽喉肿痛、感冒头痛等症。蒙医认为本品味苦, 性凉, 具有杀黏、清热、燥黄水、愈伤、

收稿日期: 2025-11-11; 修回日期: 2025-12-22.

基金项目: 内蒙古自治区自然科学基金项目 (2023MS08027); 内蒙古自治区教育厅一流学科科研专项项目 (YLXKZX-NMD-002); 蒙药研发国家地方联合工程研究中心开放基金项目 (MDK2025040).

*通讯作者 E-mail: wqh693@163.com

DOI: 10.16438/j.0513-4870.2025-1339

生肌、合脉止血、消肿、软便之功效[2]。现代药理研究表明, 黑沙蒿具有提高免疫力、抗炎、抗氧化、降胆固醇等广泛的药理活性[3-6]。查阅文献[7-10]发现黑沙蒿的化学成分主要有黄酮、苯丙素及炔类等化合物。近年来, 黑沙蒿有效物质群的类风湿性关节炎治疗作用被广泛关注, 但是其药效物质还不够明确[11,12]。为了进一步摸清黑沙蒿有效物质群的化学成分及其抗炎活性, 本研究采用经典硅胶柱色谱及薄层色谱对其进行分离鉴定, 从中得到9个炔类化合物和1个二氢黄酮, 包括一个新的色原酮炔类化合物, 结构见图1。通过考察化合物**1**～**4**、**6**、**8**、**9**对脂多糖 (LPS) 诱导的小鼠RAW264.7巨噬细胞培养液中一氧化氮 (NO) 释放量的影响, 评价其对炎症反应的抑制作用。

结果与讨论

1 结构鉴定

化合物**1**为淡黄色固体, 易溶于二氯甲烷、乙酸乙酯等有机溶剂。HR-ESI-MS 图谱中给出一个 $[M+H]^+$ 的准分子离子峰为 *m/z* 185.061 3 (calcd. for $C_{12}H_9O_2$ 185.060 3), 确定其分子式为$C_{12}H_8O_2$, 不饱和度为9。

^{1}H NMR 谱 (500 MHz, $CDCl_3$, 表1) 中给出了4个芳香质子信号 δ_H 7.24 (1H, t, *J* = 7.5 Hz, H-6′)、7.32 (1H, d, *J* = 7.5 Hz, H-8′)、7.68 (1H, t, *J* = 7.5 Hz, H-7′) 和 7.80 (1H, d, *J* = 7.5 Hz, H-5′) 推测结构中存在1个不对称的邻二取代苯环。此外, ^{1}H NMR中还给出了1个甲基质子信号 δ_H 2.19 (3H, d, *J* = 2.5 Hz, H-1) 和1个特殊的色原酮3位质子信号 δ_H 6.12 (1H, q, *J* = 2.5 Hz, H-3′), 提示H-3′与H-1存在远程偶合。^{1}H NMR中这些质子和质子化碳通过HSQC实验明确指定。

^{13}C NMR 谱 (125 MHz, $CDCl_3$, 表1) 中给出了一组色原酮碳信号 δ_C 154.2 (C-2′)、95.1 (C-3′)、183.0 (C-4′)、124.9 (C-5′)、123.6 (C-6′)、137.3 (C-7′)、113.0 (C-8′)、165.9 (C-9′)、121.9 (C-10′), 并在HMBC 谱 (图2) 中 δ_H 6.12 (H-3′) 与C-10′相关, δ_H 7.32 (H-8′) 与C-6′和C-10′相关, δ_H 7.80 (H-5′) 与C-4′、C-7′和C-9′相关, 进一步证实了结构中色原酮的存在。另外, ^{13}C NMR 谱中还给出1个丙炔基碳信号 δ_C 5.41 (C-1)、73.9 (C-2) 和 101.9 (C-3), 并在HMBC 谱 (图2) 中 δ_H 2.19 (H-1) 与C-2、C-3和C-2′相关, 提示丙炔基连接于色原酮的2′位。经文献检索为未见文献报道的新化合物, 命名为ordosin, 是一个色原酮炔类化合物。

Table 1 ^{1}H (500 MHz) and ^{13}C NMR (125 MHz) data of compound **1** in $CDCl_3$

No.	δ_H	δ_C
1	2.19 (3H, d, *J* = 2.5 Hz)	5.41
2	–	73.9
3	–	101.9
2′	–	154.2
3′	6.12 (1H, q, *J* = 2.5 Hz)	95.1
4′	–	183.0
5′	7.80 (1H, d, *J* = 7.5 Hz)	124.9
6′	7.24 (1H, t, *J* = 7.5 Hz)	123.6
7′	7.68 (1H, t, *J* = 7.5 Hz)	137.3
8′	7.32 (1H, d, *J* = 7.5 Hz)	113.0
9′	–	165.9
10′	–	121.9

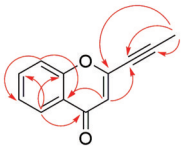


Figure 2 Key HMBC correlations of compound **1**

2 化合物1～4、6、8和9的活性测试

以LPS诱导的小鼠巨噬细胞RAW 264.7为炎症模型, 评价了化合物**1**～**4**、**6**、**8**和**9**的抑制NO生成活性。实验结果显示, 在10 μmol·L^{-1}浓度下, 化合物**1**～**4**、**6**、**8**和**9**均具有明显的NO抑制活性, 其抑制率分别为96.7%、88.4%、91.6%、77.8%、98.7%、86.7%和75.1%。

实验部分

Bruker AVAIVCEIII-500型核磁共振波谱仪 (TMS

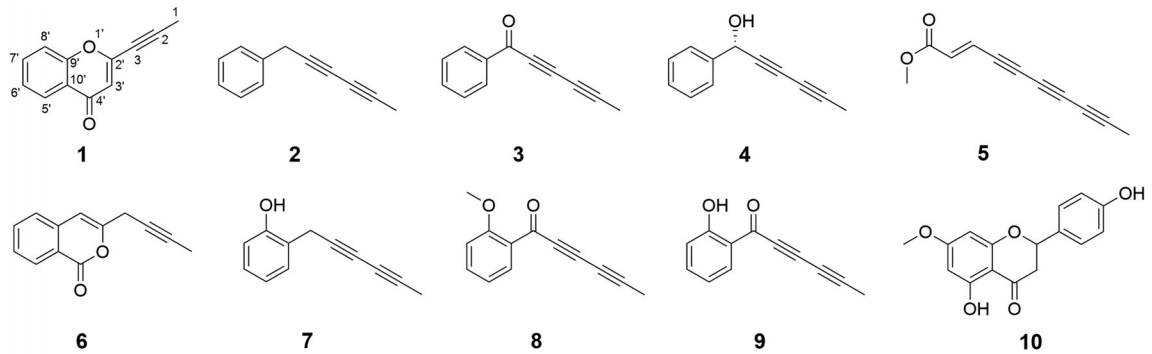


Figure 1 Structures of compounds **1**–**10**

内标, 德国 Bruker 公司); Waters xevo G2S Q-TOF-MS 质谱仪 (美国 Waters 公司); IRXross 红外光谱仪和 AUW220D 型电子天平 (日本岛津公司); UV-1300PC 型紫外可见分光光度计 (上海美析仪器有限公司); NU-5710 型二氧化碳培养箱 (美国 NuAire 公司); Spark 多功能酶标仪 (瑞士 Tecan 公司); DMi1 倒置显微镜 [徕卡显微系统 (上海) 有限公司]; LC-4012 低速离心机 (安徽中科中佳科学仪器有限公司); SX-700 高压蒸汽灭菌锅 (日本 TOMY 公司)。RAW264.7 巨噬细胞 (中国科学院上海细胞库); LPS (北京索莱宝科技有限公司, 818E035); 胎牛血清 (美国 Hyclone 公司, SH30406.05); DMEM 高糖培养基 (美国 Gibco 公司, 812557); Griess 试剂 (碧云天生物技术有限公司, S0021S); 薄层色谱硅胶、柱色谱硅胶 (青岛海洋化工厂); 分析纯石油醚 (60～90 ℃)、乙酸乙酯、环己烷 (天津大茂化学试剂厂)。

黑沙蒿采集于内蒙古通辽市科左后旗伊胡塔, 经内蒙古民族大学蒙医药学院蒙药学白金亮副教授鉴定为菊科蒿属植物黑沙蒿的全草 (编号: 20220702)。样品保存于内蒙古民族大学蒙医药学院蒙药学博士生实验室备用。

1 提取分离

黑沙蒿药材 5 kg, 用 10 倍量的 95% 乙醇回流提取 3 次, 每次 2 h, 合并提取液, 减压回收乙醇, 得到 95% 乙醇提取物 (1 095 g), 其得率为 21.9%。称取 95% 乙醇提取物 1 kg, 按文献[7]方法制备黑沙蒿有效物质群。

称取黑沙蒿有效物质群 30 g, 放入烧杯中加二氯甲烷适量, 溶解, 溶解后加少量硅胶, 拌样均匀, 自然晾干。用湿法拌样后的样品装入已装好的硅胶柱色谱, 采用石油醚−乙酸乙酯 (100∶1～10∶1) 进行梯度洗脱, 洗脱液以 500 mL 为一份, 减压回收溶剂至干, 用二氯甲烷溶解, 溶液经 TLC 检测合并相同部分, 得到 6 个流分 (Fr. 1～6)。Fr. 1 (1.2 g) 拌样后装入已装好的硅胶柱色谱, 以石油醚−乙酸乙酯 (100∶1) 为洗脱剂, 洗脱, 洗脱液以 100 mL 为一份, 减压回收溶剂至干, 用二氯甲烷溶解, 溶液经 TLC 检测, 分段为两份 (Fr. 1A 和 Fr. 1B)。Fr. 1A (289 mg) 加二氯甲烷适量, 溶解, 以环己烷−乙酸乙酯 (21∶1) 为展开剂, 用薄层色谱进行制备, 得到化合物 **2** (31 mg); Fr. 1B (193 mg) 加二氯甲烷适量, 溶解, 以环己烷−乙酸乙酯 (19∶1) 为展开剂, 用薄层色谱进行制备, 得到化合物 **3** (19 mg)。Fr. 2 (0.3 g) 拌样后装入已装好的硅胶柱色谱, 以石油醚−乙酸乙酯 (90∶1) 为洗脱剂, 洗脱, 洗脱液经 TLC 检测合并相同部分, 自然晾干, 得到化合物 **4** (13 mg)。Fr. 3 (1.6 g) 拌样后装入已装好的硅胶柱色谱, 以石油醚−乙酸乙酯 (80∶1) 为洗脱剂, 洗脱, 洗脱液以 100 mL 为一份, 减压回收溶剂至干, 用二氯甲烷溶解, 溶液经 TLC 检测, 分段为两份 (Fr. 3A 和 Fr. 3B)。Fr. 3A (0.2 g) 拌样后装入已装好的硅胶柱色谱, 以环己烷−乙酸乙酯 (80∶1) 洗脱, 洗脱液经 TLC 检测合并相同部分, 自然晾干, 得到化合物 **5** (15 mg); Fr. 3B (0.5 g) 加二氯甲烷适量, 溶解, 以环己烷−乙酸乙酯 (17∶1) 为展开剂, 用薄层色谱进行制备, 得到化合物 **1** (46 mg)。Fr. 4 (1.4 g) 拌样后装入已装好的硅胶柱色谱, 以石油醚−乙酸乙酯 (60∶1) 为洗脱剂, 洗脱, 洗脱液以 100 mL 为一份, 减压回收溶剂至干, 用二氯甲烷溶解, 溶液放置过夜, 得到化合物 **6** (208 mg); 母液浓缩至 1 mL, 以环己烷: 乙酸乙酯 (15∶1) 为展开剂, 用薄层色谱进行制备, 得到化合物 **7** (12 mg)。Fr. 5 (1.3 g) 拌样后装入已装好的硅胶柱色谱, 以石油醚−乙酸乙酯 (40∶1) 为洗脱剂, 洗脱, 洗脱液以 100 mL 为一份, 减压回收溶剂至干, 用二氯甲烷溶解, 溶液经 TLC 检测合并相同部分, 并浓缩至 2 mL, 以环己烷−乙酸乙酯 (10∶1) 为展开剂, 用薄层色谱进行制备, 得到化合物 **8** (20 mg) 和化合物 **9** (11 mg)。Fr. 6 (0.6 g) 拌样后装入已装好的硅胶柱色谱, 以石油醚−乙酸乙酯 (20∶1) 为洗脱剂, 洗脱, 洗脱液以 100 mL 为一份, 减压回收溶剂至干, 用二氯甲烷溶解, 溶液经 TLC 检测合并相同部分, 自然晾干, 得到化合物 **10** (38 mg)。

2 波谱数据

化合物 **1** 为淡黄色液体; UV (MeOH) λ_{max}: 213 nm; IR (iTR) ν_{max} 2 926, 1 708, 1 614, 1 573, 1 468, 1 384, 1 143 cm^{-1}; HRESIMS *m*/*z* 185.061 3 $[M+H]^+$ ($C_{12}H_9O_2$, 计算值为 185.060 3); ^1H NMR ($CDCl_3$, 500 MHz) 和 ^{13}C NMR ($CDCl_3$, 125 MHz) 数据见表 1。

化合物 **2** 为淡黄色液体; ^1H NMR (500 MHz, $CDCl_3$) δ_H: 1.95 (3H, s, H-1), 3.69 (2H, s, H-6), 7.28 (1H, br s, H-4′), 7.33 (2H, br s, H-3′, 5′), 7.35 (2H, br s, H-2′, 6′); ^{13}C NMR (125 MHz, $CDCl_3$) δ_C: 4.20 (C-1), 64.4 (C-2), 67.5 (C-3), 73.8 (C-4), 74.1 (C-5), 25.5 (C-6), 135.5 (C-1′), 127.9 (C-2′), 128.6 (C-3′), 126.8 (C-4′), 128.6 (C-5′), 127.9 (C-6′)。与文献[13]对照, 鉴定化合物 **2** 为茵陈烯块。

化合物 **3** 为淡黄色液体; ^1H NMR (500 MHz, $CDCl_3$) δ_H: 2.11 (3H, s, H-1), 7.53 (2H, t, *J* = 8.0 Hz, H-3′, 5′), 7.64 (1H, t, *J* = 8.0 Hz, H-4′), 8.15 (2H, d, *J* = 8.0 Hz, H-2′, 6′); ^{13}C NMR (125 MHz, $CDCl_3$) δ_C: 4.89 (C-1), 63.4 (C-2), 70.9 (C-3), 78.4 (C-4), 86.4 (C-5), 177.2 (C-6), 136.7 (C-1′), 128.6 (C-2′), 129.6 (C-3′), 134.3 (C-4′), 129.6 (C-5′), 128.6 (C-6′)。与文献[14]对照, 鉴定化合物 **3** 为茵陈二炔酮。

化合物 **4** 为淡黄色液体; ^1H NMR (500 MHz, $CDCl_3$) δ_H: 1.98 (3H, s, H-1), 5.52 (1H, s, H-6), 7.37 (1H,

t, J = 7.5 Hz, H-4′), 7.42 (2H, t, J = 7.5 Hz, H-3′,5′), 7.55 (2H, d, J = 7.5 Hz, H-2′,6′); ^{13}C NMR (125 MHz, $CDCl_3$) δ_C: 4.34 (C-1), 63.6 (C-2), 71.8 (C-3), 74.2 (C-4), 78.2 (C-5), 65.0 (C-6), 139.9 (C-1′), 126.6 (C-2′), 128.7 (C-3′), 128.6 (C-4′), 128.7 (C-5′), 125.6 (C-6′)。与文献[15]对照, 鉴定化合物**4**为capillinol。

化合物**5**为淡黄色液体; ^{1}H NMR (500 MHz, $CDCl_3$) δ_H: 2.04 (3H, s, H-10), 3.80 (3H, s, -OCH_3), 6.20 (1H, d, J = 11.0 Hz, H-3), 6.31 (1H, d, J = 11.0 Hz, H-2); ^{13}C NMR (125 MHz, $CDCl_3$) δ_C: 164.6 (C-1), 132.5 (C-2), 121.5 (C-3), 86.1 (C-4), 64.9 (C-5), 58.4 (C-6), 71.0 (C-7), 72.2 (C-8), 80.8 (C-9), 4.78 (C-10), 51.7 (-OCH_3)。与文献[16,17]对照, 鉴定化合物**5**为反-去氢母菊酯。

化合物**6**为淡黄色液体; ^{1}H NMR (500 MHz, $CDCl_3$) δ_H: 1.92 (3H, s, H-1), 3.48 (2H, s, H-4), 6.64 (1H, s, H-4′), 7.45 (1H, d, J = 7.5 Hz, H-5′), 7.52 (1H, t, J = 7.5 Hz, H-7′), 7.74 (1H, t, J = 7.5 Hz, H-6′), 8.29 (1H, d, J = 7.5 Hz, H-8′); ^{13}C NMR (125 MHz, $CDCl_3$) δ_C: 3.66 (C-1), 71.8 (C-2), 79.9 (C-3), 23.8 (C-4), 162.5 (C-1′), 153.8 (C-3′), 103.1 (C-4′), 125.4 (C-5′), 134.8 (C-6′), 128.0 (C-7′), 129.6 (C-8′), 137.3 (C-9′), 120.2 (C-10′)。与文献[18,19]对照, 鉴定化合物**6**为茵陈素。

化合物**7**为淡黄色液体; ^{1}H NMR (500 MHz, $CDCl_3$) δ_H: 1.95 (3H, s, H-1), 3.59 (2H, s, H-6), 6.71 (1H, d, J = 8.0 Hz, H-3′), 6.87 (1H, t, J = 8.0 Hz, H-5′), 7.11 (1H, t, J = 8.0 Hz, H-4′), 7.29 (1H, d, J = 8.0 Hz, H-6′); ^{13}C NMR (125 MHz, $CDCl_3$) δ_C: 4.27 (C-1), 72.7 (C-2), 64.3 (C-3), 67.9 (C-4), 74.1 (C-5), 21.0 (C-6), 120.1 (C-1′), 155.6 (C-2′), 113.6 (C-3′), 128.1 (C-4′), 121.8 (C-5′), 129.6 (C-6′)。与文献[17]对照, 鉴定化合物**7**为邻羟基-茵陈烯块。

化合物**8**为淡黄色液体; ^{1}H NMR (500 MHz, $CDCl_3$) δ_H: 2.01 (3H, s, H-1), 3.87 (3H, s, 2′-OCH_3), 6.82 (1H, d, J = 7.5 Hz, H-3′), 7.09 (1H, t, J = 8.0 Hz, H-4′), 7.42 (1H, t, J = 8.0 Hz, H-5′), 7.83 (1H, d, J = 8.0 Hz, H-6′); ^{13}C NMR (125 MHz, $CDCl_3$) δ_C: 4.87 (C-1), 77.1 (C-2), 64.0 (C-3), 85.3 (C-4), 72.1 (C-5), 175.0 (C-6), 123.2 (C-1′), 159.2 (C-2′), 113.0 (C-3′), 130.8 (C-4′), 120.8 (C-5′), 131.5 (C-6′)。与文献[15]对照, 鉴定化合物**8**为capillaridin。

化合物**9**为淡黄色液体; ^{1}H NMR (500 MHz, $CDCl_3$) δ_H: 1.99 (3H, s, H-1), 6.77 (1H, d, J = 7.5 Hz, H-3′), 7.16 (1H, t, J = 8.0 Hz, H-4′), 7.58 (1H, t, J = 8.0 Hz, H-5′), 7.91 (1H, d, J = 8.0 Hz, H-6′); ^{13}C NMR (125 MHz, $CDCl_3$) δ_C: 4.95 (C-1), 78.4 (C-2), 63.4 (C-3), 86.4 (C-4), 70.9 (C-5), 177.1 (C-6), 120.9 (C-1′), 162.1 (C-2′), 118.0 (C-3′), 132.6 (C-4′), 122.9 (C-5′), 134.1 (C-6′)。与文献[17]对照, 鉴定化合物**9**为邻羟基−茵陈二炔酮。

化合物**10**为淡黄色固体; ^{1}H NMR (500 MHz, $CDCl_3$) δ_H: 2.81 (1H, dd, J = 17.0, 3.0 Hz, H-3a), 3.13 (1H, dd, J = 17.0, 13.0 Hz, H-3b), 3.81 (3H, s, 7-OCH_3), 3.83 (3H, s, 4′-OCH_3), 5.39 (1H, dd, J = 13.0, 3.0 Hz, H-2), 6.05 (1H, d, J = 2.5 Hz, H-8), 6.07 (1H, d, J = 2.5 Hz, H-6), 6.97 (2H, t, J = 8.0 Hz, H-3′,5′), 7.40 (2H, d, J = 7.0 Hz, H-2′,6′); ^{13}C NMR (125 MHz, $CDCl_3$) δ_C: 79.0 (C-2), 43.2 (C-3), 196.0 (C-4), 164.2 (C-5), 94.2 (C-6), 168.0 (C-7), 95.1 (C-8), 162.9 (C-9), 103.1 (C-10), 130.4 (C-1′), 127.7 (C-2′), 114.2 (C-3′), 160.1 (C-4′), 114.2 (C-5′), 127.7 (C-6′)。与文献[3]对照, 鉴定化合物**10**为5-羟基-7,4′-二甲氧基二氢黄酮。

3 抗炎活性测定

按文献[20]方法建立LPS诱导RAW 264.7细胞炎症模型。用6孔板每孔加入2 mL细胞悬液 (即4×10^5个细胞/孔), 轻轻晃动平板使细胞均匀分布。放入37 ℃、5% CO_2培养箱, 静置培养24 h (让细胞完全贴壁, 恢复生长状态)。24 h后给细胞进行分组, 空白组、模型组、样品组。将6孔板放回37 ℃、5% CO_2培养箱, 同一浓度设3个复孔 (每组平行3次), 模型组、样品组每孔加LPS诱导 (终浓度为20 μg·mL^{-1}), 孵育24 h。取出6孔板, 将每孔上清液轻轻转移至15 mL离心管 (避免触碰孔底贴壁细胞), 4 ℃、1 500 r·min^{-1}离心10 min (去除少量漂浮细胞碎片)。用移液枪吸取离心后的上清液2 mL, 转移至无菌EP管, 标记组别。取另一96孔板, 依次加入50 μL不同浓度的$NaNO_2$标准品, 每组3个复孔。每孔加50 μL细胞上清液, 加50 μL Griess I试剂, 再加50 μL Griess II试剂, 混匀, 用酶标仪在540 nm波长处测定吸光度 (A) 值, 按文献[21]方法计算细胞上清液中NO浓度。

作者贡献: 宋亚伟负责黑沙蒿有效物质群的制备及分离和稿件撰写; 伊力奇、伊德日负责协助制备及分离; 那仁朝克图负责实验的设计及测定核磁共振数据; 王青虎负责实验指导、结构鉴定及稿件修改。

利益冲突: 作者声明本研究内容无任何利益冲突。

References

[1] Bao YQ, Wang QH, Na RCKT, et al. TLC identification and HPLC analysis of *Artemisia ordosica* [J]. Chin Pharm J (中国药学杂志), 2020, 25: 357-361.

[2] Wu GH, Wang QH, He X, et al. Structural elucidation of two new compounds from *Artemisia ordosica* and their antioxidative

activity [J]. Z Naturforsch, 2019, 74: 699-740.

[3] Zhong Y, Feng XS, Liu YR. Chemical constituents from *Artemisia ordosica* Krasch and their bioactivities [J]. Chem Bioeng (化学与生物工程), 2016, 33: 36-38.

[4] Qi JM, Zhang X, Lv QZ. Density functional theory calculations on antioxidation activity of four flavones from herbs of *Artemisia ordosica* [J]. Comput Appl Chem (计算机与应用化学), 2013, 30: 267-272.

[5] Hao YQ, Huang LJ, Qi CH, et al. Structure elucidation and preliminary immunological activity studies of the water-soluble gum polysaccharide ASPI-A isolated from *Artemisia sphaerocephala* Krasch seeds [J]. Acta Chim Sin (化学学报), 2010, 68: 1103-1109.

[6] Xing LG, Wu YL. Progress of carcinogenesis and possible mechanisms of peroxisome proliferator-activated receptor agonists [J]. Chin J Pharmacol Toxicol (中国药理学与毒理学杂志), 2014, 28: 455-461.

[7] Zhao DB, Yang YX, Zhang W, et al. Studies on flavonoids from herb of *Artemisia ordosica* [J]. China J Chin Mater Med (中国中药杂志), 2005, 30: 1430-1432.

[8] Zhang W, Zhao DB, Li MJ, et al. Studies on flavonoids from herb of *Artemisia ordosica* (II) [J]. China J Chin Mater Med (中国中药杂志), 2006, 31: 1959-1961.

[9] Hao JS, Wang QH, Ba SLRGL, et al. Study on chemical constituents of *Artemisia ordosica* [J]. Chin Pharm J (中国药学杂志), 2019, 54: 863-866.

[10] Wang QH, Pa BLGT, Gong JH, et al. Phenylpropanoids, flavonoids and terpenoids from *Artemisia ordosica* Krasch [J]. Magn Reson Chem, 2019, 57: 326-330.

[11] Hu GJL, Wang QH, Zhang XF, et al. Study on mechanism of the effective substance groups from *Artemisia ordosica* in ameliorating rheumatoid arthritis [J]. China Pharm (中国药房), 2025, 36: 1604-1609.

[12] Hu GJL, Wang QH, Zhang XF, et al. Mechanism of the effective substance groups from *Artemisia ordosica* Krasch in the treatment of rheumatoid arthritis by network pharmacology and experimental verification [J]. Guiding J Tradit Chin Med Pharm (中医药导报), 2025, 31: 31-52.

[13] Singh HP, Kaur S, Mittal S, et al. *In vitro* screening of essential oil from young and mature leaves of *Artemisia scoparia* compare to its major constituents for free radical scavenging activity [J]. Food Chem Toxicol, 2010, 48: 1040-1044.

[14] Xie T, Liu J, Liang JY, et al. Acetylenes and flavonoids from *Artemisia scoparia* II [J]. Chin J Nat Med (中国天然药物), 2005, 3: 86-89.

[15] Wu TS, Tsang ZJ, Wu PL, et al. Phenylalkynes from *Artemasia capillaaris* [J]. Phytochemistry, 1998, 47: 1645-1648.

[16] Yang RL, Yan ZH, Lu Y. Cytotoxic phenylpropanoids from carrot [J]. J Agric Food Chem, 2008, 56: 3024-3029.

[17] Bi LGT, Wang QH, Bao WQ. Isolation and identification of acetylenes in the dichloromethane extract of *Artemisia mongolica* [J]. Chin J Med Chem (中国药物化学杂志), 2020, 30: 292-295.

[18] Okuno I, Uchida K, Nakamura M, et al. Studies on choleretic constituents in Thunb [J]. Chem Pharm Bull, 1988, 36: 769-775.

[19] Chandrasekharan I, Khan H, Ghanim A. Flavonoids from *Artemisia scoparia* [J]. Planta Med, 1981, 43: 310-311.

[20] Xue GM, Xue JF, Zhao CG, et al. Sesquiterpenoids from *Artemisia argyi* and their NO production inhibitory activity in RAW 264.7 cells [J]. Nat Prod Res, 2021, 35: 2887-2894.

[21] Jia YY, Feng H, Liu Y, et al. Two new phenolic compounds from the stems of *Ephedra sinica* Stapf. [J]. Acta Pharm Sin (药学学报), 2025, 60: 2858-2862.