

黑沙蒿化学成分、生物活性及应用研究进展

王跃梅^{1,3}, 张弘², 洪海龙^{1*}, 肖斌^{2*}

¹内蒙古工业大学化工学院, 呼和浩特 010051; ²鄂尔多斯市中心医院 中心实验室,

³鄂尔多斯应用技术学院 化学工程系, 鄂尔多斯 017000

摘要: 黑沙蒿是我国西北部地区分布广泛的菊科蒿属药用植物, 具有重要的药用价值。本文对目前黑沙蒿的已分离得到化学成分和生物活性特点进行总结。将 207 种单体化合物分为 6 大类, 主要包括黄酮类、萜类、苯丙素类、有机酸类、多糖类和其他类化学成分。黑沙蒿提取物具有抗氧化、抗炎、抗肿瘤、抑菌和免疫调节等多种生物活性。黑沙蒿在生态环境保护、饲料添加剂和药用方面展现出了广阔的应用前景。但作为一种中蒙药材, 黑沙蒿的化学成分、生物活性和应用领域方面有待全面深入地研究, 为该药材的资源开发和综合利用奠定基础。

关键词: 黑沙蒿; 化学成分; 生物活性; 应用

中图分类号: R284.1

文献标识码: A

Research progress on the chemical composition, biological activity and application of *Artemisia ordosica* Krasch.

WANG Yue-mei^{1,3}, ZHANG Hong², HONG Hai-long^{1*}, XIAO Bin^{2*}

¹College of Chemical Engineering, Inner Mongolia University of Technology, Hohhot 010051, China; ²General

Clinical Research Center, Ordos Central Hospital; ³Department of Chemical Engineering, Ordos Institute of

Technology, Ordos 017000, China

Abstract: *Artemisia ordosica* Krasch. (Asteraceae family), is a widely distributed medicinal plant in northwest China, known for its significant medicinal value. This paper summarizes the current knowledge on the chemical constituents and biological activities of *A. ordosica*. A total of 207 isolated compounds were classified into six major categories, including flavonoids, terpenoids, phenylpropanoids, organic acids, polysaccharides, and other chemical components. With these constituents, *A. ordosica* exhibited antioxidant, anti-inflammatory, antitumor, antibacterial, immunoregulation, and many other biological activities. *A. ordosica* has been promisingly applied in ecological environmental protection, as a feed additive, and in medicinal applications. However, as a traditional medicinal herb in Chinese and Mongolian medicine, the chemical composition, biological activity, and application areas of *A. ordosica* require comprehensive and in-depth research to establish a foundation for the resource development and optimal utilization.

Key words: *Artemisia ordosica* Krasch.; chemical composition; biological activity; application

黑沙蒿 (*Artemisia ordosica* Krasch.), 菊科蒿属植物, 又名鄂尔多斯蒿、沙蒿和油蒿等, 主要分布在我国西北部地区, 常见于沙丘之上, 具有较好的防风固沙性能^[1]。黑沙蒿味苦, 性温, 在中医药领域有着悠久的历史, 其枝、叶和根均可入药, 具有祛风湿、杀黏、清热之

功效，可治各类炎症、感冒头痛、咽喉肿痛等疾病；蒙医也将其作为消除炎症、祛除风湿、清热解毒的药物；此外，牧区将其用作牲畜饲料。众多研究表明，黑沙蒿具有如此广泛的药用价值，与其丰富的化学成分密不可分。

天然产物的有效成分提取多采用溶剂提取法。黑沙蒿化学成分提取常用的溶剂是水和有机溶剂（如石油醚、乙酸乙酯、正丁醇、乙醇和甲醇等）。随着对黑沙蒿研究的不断深入，越来越多的化学成分被分离和鉴定，黑沙蒿所含化学成分主要有黄酮（醇）类、黄烷酮（醇）类、萜类、苯丙素类、多糖类、甾体类、有机酸类、萜醌类、核酸类、氨基酸类及微量元素等。这些物质在抗氧化、抗炎、抑菌、调节免疫、抗肿瘤、降血糖和降血脂等方面表现出较强的生物活性，相关机制研究也在不断深入，这些研究有望拓宽黑沙蒿在中医药领域的应用范畴。此外，黑沙蒿在生态保护和饲料添加剂方面应用较多，但关于其药用价值的研究还不够深入，化学成分及生物活性也亟需拓展。本文综述了黑沙蒿相关研究，对目前已分离得到的所有化学成分的种类和结构、生物活性特点，以及其在生态、饲料添加剂和药用方面的应用情况进行汇总，以期为该内蒙古药用资源黑沙蒿的开发和综合应用提供参考。

1 黑沙蒿化学成分

1.1 黄酮类

黄酮类化合物广泛存在于自然界，是一类以 2-苯基色原酮为母核、以 C₆-C₃-C₆ 为碳骨架的一系列化合物的总称。根据结构特点可分为：黄酮、黄酮醇、黄烷酮（二氢黄酮）、黄烷酮醇（二氢黄酮醇）、异黄酮、异黄烷酮（二氢异黄酮）、查耳酮、黄烷类等^[2]。此类化合物有广泛的药用价值，如抗氧化及清除自由基、防治心血管疾病、抗癌和抗肿瘤、抑菌、提高机体免疫机能等。

随着研究的不断深入，从黑沙蒿中分离得到的黄酮类化合物种类不断丰富。截至目前，国内外学者研究表明，黑沙蒿所含有的黄酮类化合物包括黄酮、黄酮醇、黄烷酮、黄烷醇及其苷类，其中黄酮和黄酮醇化合物是其中的主要成分，占此黄酮类化合物的一半以上^[3,4]。Zhao^[5]和 Zhang 等^[6,7]利用传统溶剂分层萃取、分离鉴定出了多个黄酮类化合物，包括 8 种黄酮（**1~8**）、4 种黄酮醇（**14~17**）、6 种黄烷酮（**23~28**）和 1 种黄烷酮醇（**32**）。在此基础上，Zhong 等^[8]利用传统溶剂萃取法同样从黑沙蒿分离得到多种黄酮类化合物，包括 1 种黄酮（**9**）、1 种黄烷酮（**29**）和 2 种黄烷酮醇（**33、34**）。Hao 等^[9]和 Bao 等^[10]将黑沙蒿经传统溶剂萃取，柱色谱分离，得到多种化学成分，发现 3 种新黄酮（**10~12**）和 2 种黄烷酮（**30、31**）。Xiao 等^[11]经液相色谱串联质谱鉴定，从黑沙蒿根乙酸乙酯萃取层首次发现 1 种黄酮（**13**）和 5 种黄酮醇（**18~22**）。黄酮类成分的具体名称和化学结构分别见表 1

和图 1。

表 1 黑沙蒿黄酮类化合物

Table 1 Flavonoids compounds in *A. ordosica*

编号	化合物	参考文献
No.	Compound	Ref.
1	芫花素 Genkwanin	5
2	羟基芫花素 Hydroxygenkwanin	5
3	芹菜素-7,4'-二甲醚 7,4'-Di- <i>O</i> -methylapigenin	5
4	滨蓟素 Cirsimaritin	6
5	4'-甲基金圣草素 4'-Methylchrysoeriol	5
6	5,7,2',4'-四羟基-6,5'-二甲氧基黄酮 5,7,2',4'-Tetrahydroxy-6,5'-dimethoxyflavone	6
7	金合欢素-7- <i>O</i> - β - <i>D</i> -葡萄糖 Acacetin-7- <i>O</i> - β - <i>D</i> -glucoside	5
8	5,7-二羟基-4',6'-二甲氧基黄酮 5,7-Dihydroxy-4',6'-dimethoxyflavone	5
9	高车前素 Hispidulin	8
10	金圣草素 Chrysoeriol	9
11	芹菜素 Apigenin	9
12	金合欢素 Acacetin	10
13	香叶木素 Diosmetin	11
14	3,5-二羟基-4',7'-二甲氧基黄酮 3,5-Dihydroxy-4',7'-dimethoxyflavone	6
15	鼠李素 Rhamnocitrin	6
16	金丝桃苷 Hyperoside	6
17	3,5,3',4'-四羟基-6,7'-二甲氧基黄酮 3,5,3',4'-Tetrahydroxy-6,7'-dimethoxyflavone	6
18	槲皮素 Quercetin	11
19	异槲皮苷 Isoquercitroside	11

20	芦丁 Rutin	11
21	桑黄素 Morin	11
22	异鼠李素 Isorhamnetin	11
23	5,7-Dihydroxy-6-methoxy-2-(4-methoxyphenyl)-2,3-dihydro-6-methylchromen-4-one	7
24	5-羟基-7,4'-二甲氧基黄烷酮 5-Hydroxy-7,4'-dimethoxy-dihydroflavone	5
25	樱花素 Sakuranetin	5
26	异野樱素 Isosakuranetin	5
27	圣草酚 Eriodictyol	5
28	7-O-甲基圣草酚 7-O-Methyleriodictyol	5
29	5,7,4'-三羟基黄烷酮 5,7,4'-Trihydroxy-dihydroflavone	8
30	5,7,4'-三羟基-6-甲氧基黄烷酮 5,7,4'-Trihydroxy-6-methoxy-dihydroflavone	9
31	5,4'-二羟基-7,3'-二甲氧基黄烷酮 5,4'-Dihydroxy-7,3'-dimethoxy-dihydroflavone	10
32	3,5-二羟基-7,4'-二甲氧基黄烷酮 3,5-Dihydroxy-7,4'-dimethoxy-dihydroflavone	6
33	3,5,4'-三羟基-7-甲氧基黄烷酮 3,5,4'-Trihydroxy-7-methoxydihydroflavone	8
34	二氢山柰素 Dihydrokaempferide	8

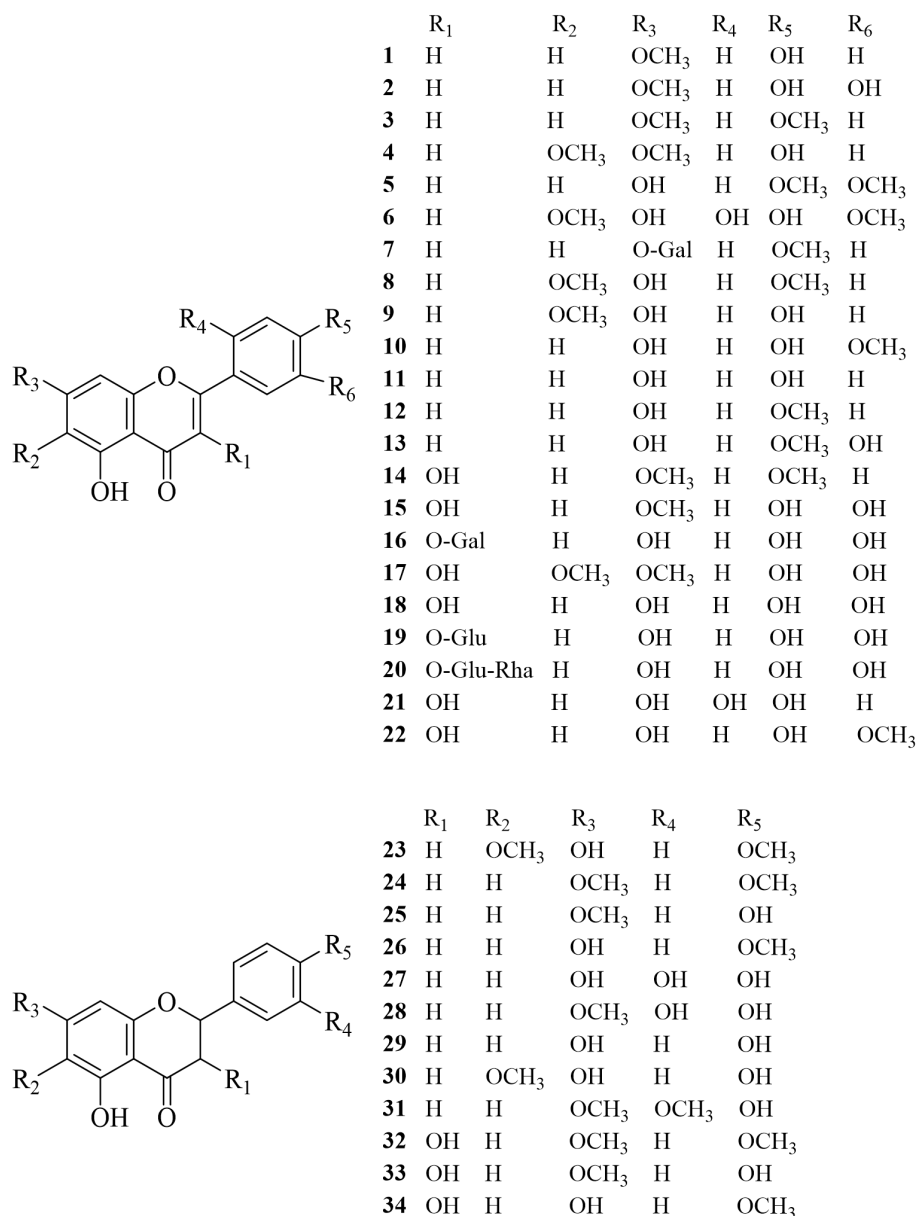


图 1 黑沙蒿黄酮类化合物 (1-34) 结构

Fig. 1 Chemical structures of flavonoids compounds (1-34) in *A. ordosica*

1.2 萜类

萜类化合物是以异戊二烯为基本结构单元的烃类及其含氧衍生物（如醇、醛、酮、羧酸、酯等）。萜类可分为单萜类（萜烯类、醇类、醛酮类、蒾烯型和茨烯类等）、倍半萜类、二萜、环烯醚萜及其苷等，具有祛痰、止咳、驱风、发汗、驱虫、镇痛等药理活性^[12]。蒿属植物挥发油含量大多在 0.5%左右，目前从黑沙蒿精油和传统溶剂萃取物中分离得到的有效成分包括单萜类（如萜烯类、萜醇类、醛酮类和萜酯类）、倍半萜类和三萜类化合物。

1.2.1 单萜类

Yan 等^[13]和 Yu 等^[14]将黑沙蒿提取得到的精油采用气相色谱串联质谱的方式分析得到多

种化学成分，二者共同检测到 6 种萜烯（35~40）。此外，Yan 等^[13]还检测得到的典型成分有 3 种萜烯（41~43）和 7 种萜酯（67~73）。在此基础上，Yu 等^[14]鉴定出一些其他成分，有 6 种萜烯（44~49）、3 种萜醇（52~54）、4 种醛酮（55~58）和 5 种萜酯（74~78）。Liu^[15]利用热脱附-气相色谱/质谱法对黑沙蒿根、茎和叶的挥发性成分进行研究，除了检测到上述已发现的萜类化合物外，还检测到 1 种萜烯（50）。Basenjirigala 等^[16]将黑沙蒿全草得到的挥发油采用气相色谱串联质谱的方式检测到 1 种萜烯（51）。Hao 等^[9]将黑沙蒿全草石油醚回流提取后采用硅胶柱色谱分离得到 5 种醛酮（59~63）。Xiao 等^[11]对黑沙蒿根部的乙酸乙酯萃取层采用液相色谱串联质谱分离鉴定得到 3 种醛酮（64~66）和 2 种萜酯（79、80），这些物质的具体名称见表 2，结构见图 2。

表 2 黑沙蒿单萜类化合物

Table 2 Monoterpene compounds in *A. ordosica*

编号	化合物	参考文献
No.	Compound	Ref.
35	α -蒎烯 α -Pinene	13,14
36	β -蒎烯 β -Pinene	13,14
37	α -水芹烯 α -Phellandrene	13,14
38	β -水芹烯 (-)- β -Phellandrene	13,14
39	反式- β -罗勒烯 (<i>E</i>)- β -Ocimene	13,14
40	α -罗勒烯 α -Ocimene	13,14
41	莰烯 Camphene	13
42	萜品油烯 Terpinolene	13
43	α -松油烯 α -Terpinene	13
44	柠檬烯 Limonene	14
45	月桂烯 Myrcene	14
46	γ -松油烯 γ -Terpinene	14
47	桉烯 Sabinene	14
48	对伞花烃 <i>p</i> -Cymene	14
49	茵陈炔 Capillene	14
50	崖柏烯 Thujene	15

51	(+)-桉烯 (+)-Sabinene	16
52	松油烯-4-醇 (-)-Terpinen-4-ol	14
53	桃金娘烯醇 Myrtenol	14
54	麝香草酚 Thymol	14
55	香芹蒎酮 Pinocarvone	14
56	香芹酮 Carvone	14
57	茵陈二炔酮 Capillin	14
58	邻羟基苯乙酮 2'-Hydroxyacetophenone	14
59	对羟基苯乙酮 4'-Hydroxyacetophenone	9
60	香草乙酮 Acetovanillone	9
61	4-羟基苯甲醛 4-Hydroxybenzaldehyde	9
62	香草醛 Vanillin	9
63	原儿茶醛 Protocatechualdehyde	9
64	长叶薄荷酮 (+)-Pulegone	11
65	合成樟脑 Camphor	11
66	丁香醛 Syringaldehyde	11
67	丁酸顺-3-己烯酯 <i>cis</i> -3-Hexenyl-butyrate	13
68	异丁酸异戊酯 Isopentyl isobutyrate	13
69	异丁酸己酯 Hexyl isobutyrate	13
70	异戊酸异戊酯 Isoamyl isovalerate	13
71	丁酸己酯 Hexyl butyrate	13
72	异戊酸丁酯 Butyl isovalerate	13
73	2-甲基丁酸异丁酯 Iso-butyl-2-methylbutyrate	13
74	香叶酸甲酯 Methyl geranate	14
75	乙酸橙花醇酯 Neryl acetate	14
76	水杨酸甲酯 Methyl salicylate	14
77	异丁酸香叶酯 Geranyl isobutyrate	14
78	异丁酸香茅酯 Citronellyl isobutyrate	14
79	格列风内酯 Griffonilide	11

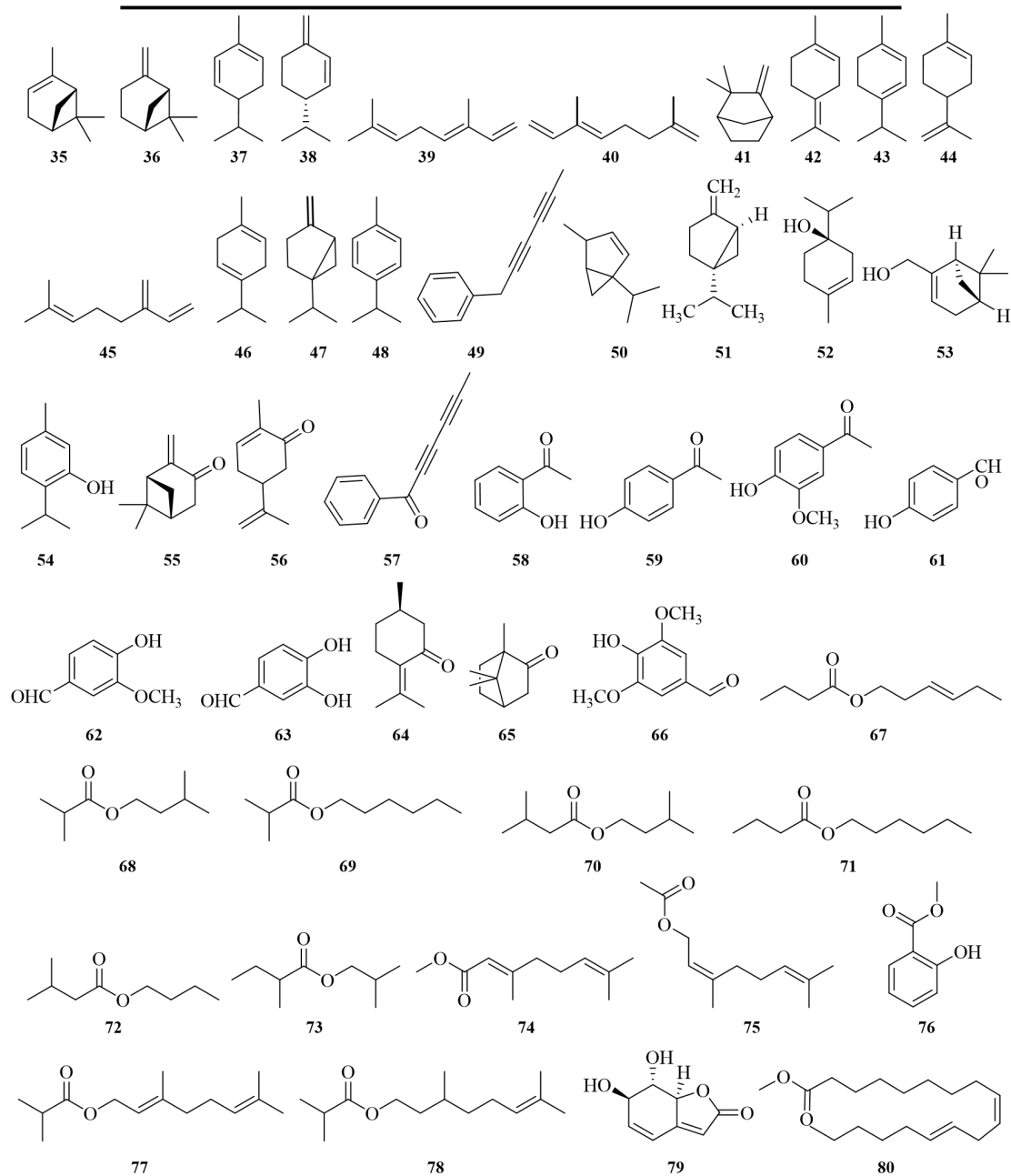


图2 黑沙蒿单萜类化合物(35~80)的结构

Fig. 2 Chemical structures of monoterpene compounds (35-80) in *A. ordosica*

1.2.2 倍半萜

黑沙蒿中含有多种倍半萜类化合物。Yan 等^[13]鉴定得到 3 种倍半萜烯(81~83)和 3 种倍半萜醇(90~92)。Yu 等^[14]鉴定得到 2 种倍半萜烯(84、85)和 1 种倍半萜醇(93)。Liu^[15]检测到 4 种倍半萜烯(86~89)。Basenjirigala^[17]对黑沙蒿地上部分的石油醚和氯仿提取物进行研究,得到 3 种倍半萜醇(94~96)。Xiao 等^[11]检测到 5 种倍半萜酯(97~101)和 1 种倍半萜酮(102)。Wang 等^[18]用丙酮、乙酸乙酯和甲醇等多种溶剂洗脱分离得到 32 种

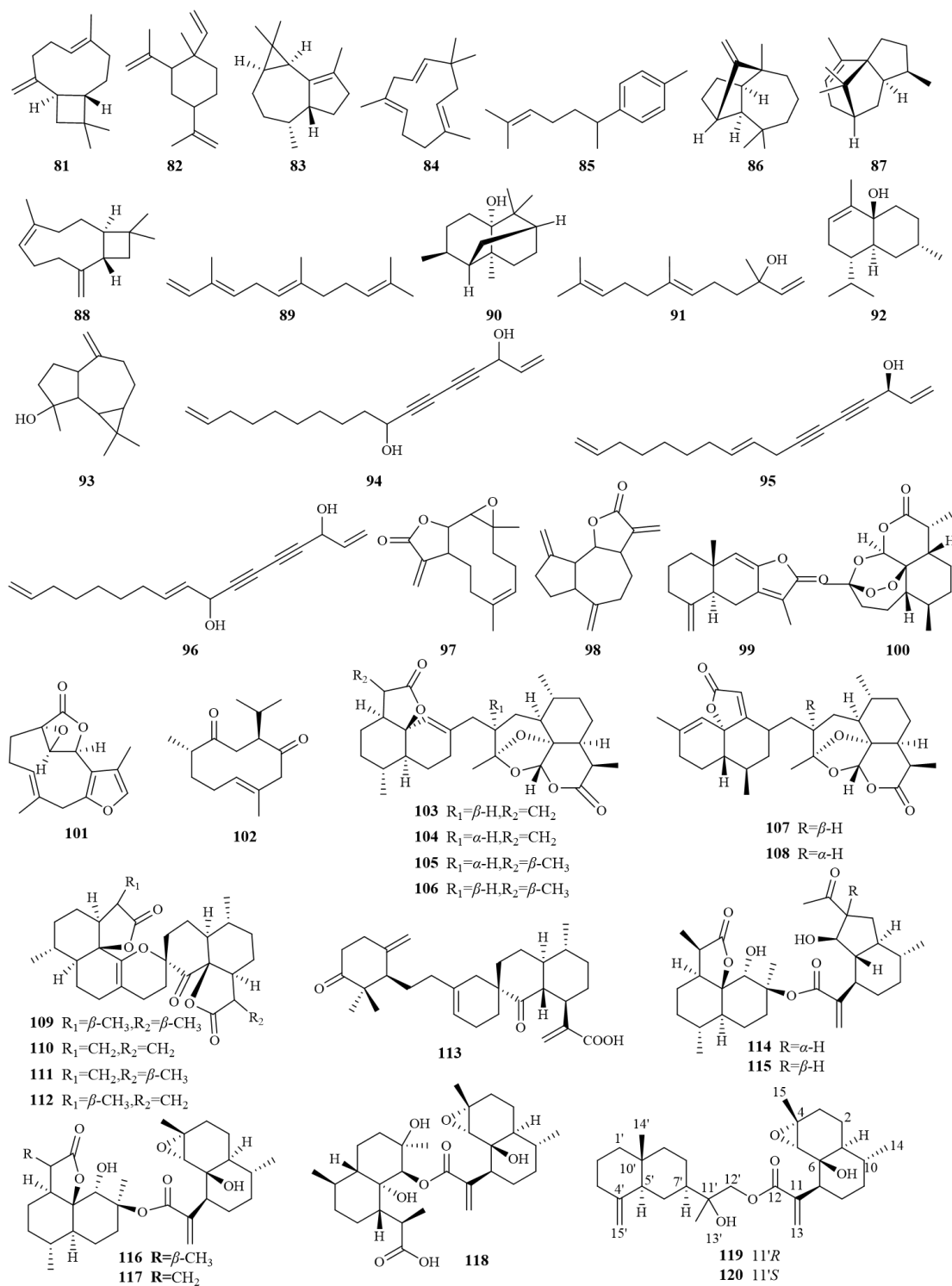
双环倍半萜（103、134）。这些物质的具体名称见表3，结构见图3。

表3 黑沙蒿倍半萜类化合物

Table 3 Sesquiterpenoid compounds in *A. ordosica*

编号	化合物	参考文献
No.	Compound	Ref.
81	β -石竹烯 β -Caryophyllene	13
82	榄香烯 Elemene	13
83	α -古芸烯 (-)- α -Gurjunene	13
84	α -石竹烯 α -Caryophyllene	14
85	α -姜黄烯 α -Curcumene	14
86	长叶烯 (+)-Longifolene	15
87	绿叶烯 α -Patchoulene	15
88	(-)-异丁香烯 Isocaryophyllene	15
89	金合欢烯 Farnesene	15
90	百秋李醇 Patchouli alcohol	13
91	橙花叔醇 Nerolidol	13
92	杜松烯醇 Cadinenol	13
93	斯巴醇 Spathulenol	14
94	Arteordoyne A	17
95	Dehydrofalcarinol	17
96	Heptadeca-1,9,16-trien-4,6-diyne-3,8-diol	17
97	小白菊内酯 Parthenolide	11
98	去氢木香内酯 Dehydrocostuslactone	11
99	白术内酯 I Atractylenolide I	11
100	青蒿素 Artemisinin	11
101	乌药醚内酯 Linderane	11
102	莪术二酮 Curdione	11
103	Artemordin 1	18
104	Artemordin 2	18

105	Artemordin 3	18
106	Artemordin 4	18
107	Artemordin 5	18
108	Artemordin 6	18
109	Artemordin 7	18
110	Artemordin 8	18
111	Artemordin 9	18
112	Artemordin 10	18
113	Artemordin 11	18
114	Artemordin 12	18
115	Artemordin 29	18
116	Artemordin 13	18
117	Artemordin 30	18
118	Artemordin 14	18
119	Artemordin 15	18
120	Artemordin 16	18
121	Artemordin 17	18
122	Artemordin 18	18
123	Artemordin 19	18
124	Artemordin 20	18
125	Artemordin 21	18
126	Artemordin 22	18
127	Artemordin 23	18
128	Artemordin 24	18
129	Artemordin 25	18
130	Artemordin 26	18
131	Artemordin 27	18
132	Artemordin 28	18
133	Artemordin 31	18



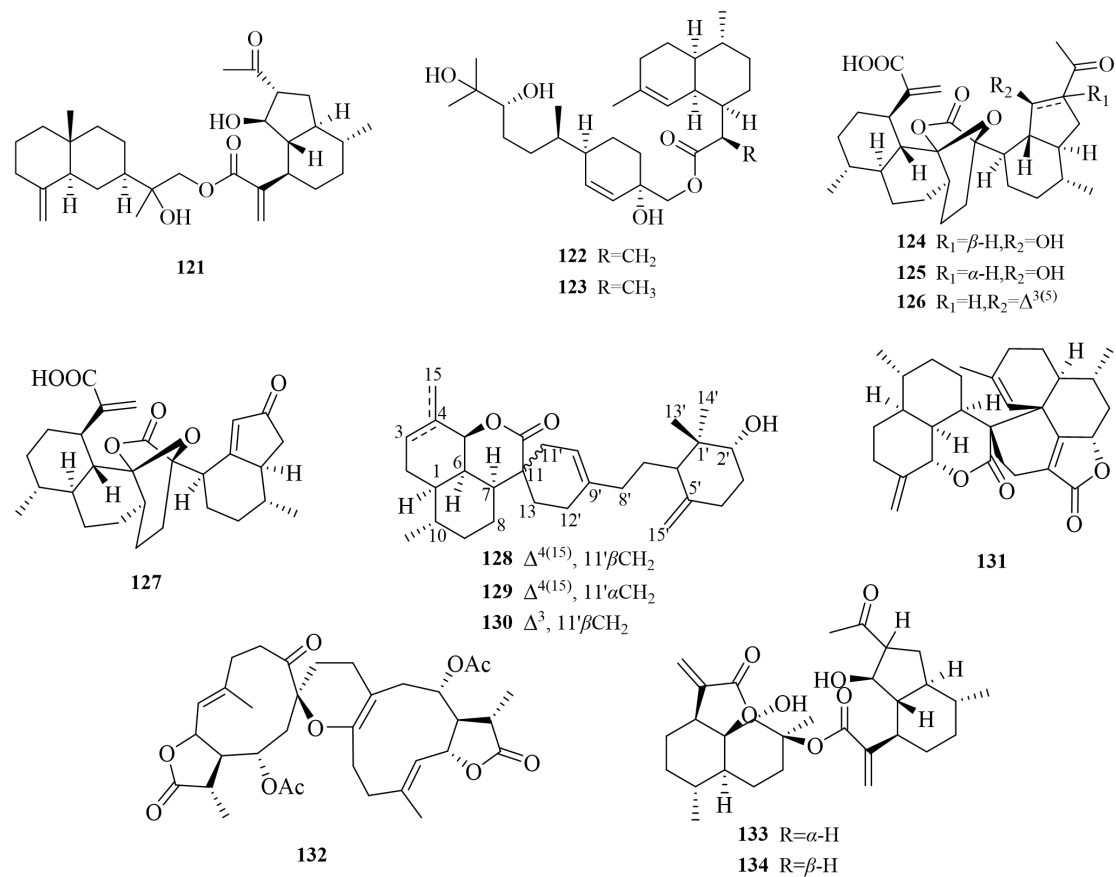


图3 黑沙蒿倍半萜类化合物(81~134)的结构

Fig. 3 Chemical structures of sesquiterpenoid compounds (81-134) in *A. ordosica*

1.2.3 五环三萜类

黑沙蒿中已分离得到4种五环三萜类化合物。Xiao等^[11]检测到2种五环三萜(135、136)。其他研究者从黑沙蒿氯仿提取物中分离得到1个五环三萜(137)^[19]。Hao等^[9]从黑沙蒿石油醚提取物中分离得到1种五环三萜(138)，这些物质的具体名称见表4，结构见图4。

表4 黑沙蒿五环三萜类化合物

Table 4 Pentacyclic triterpene compounds in *A. ordosica*

编号	化合物	参考文献
No.	Compound	Ref.
135	刺囊酸 Echinocystic acid	11
136	齐墩果酸 Oleanolic acid	11
137	熊果酸 Ursolic acid	19
138	乌苏醇 Uvaol	9

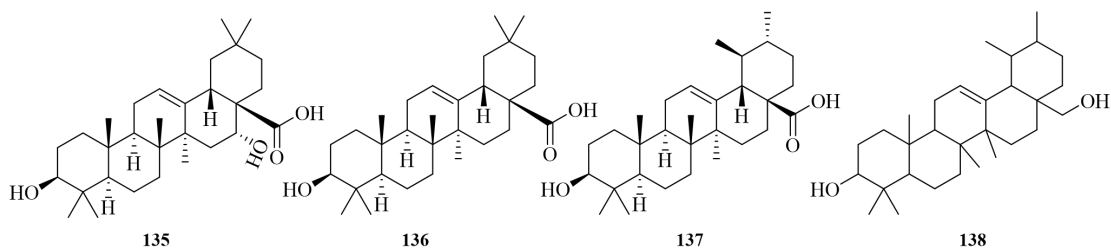


图 4 黑沙蒿三萜类化合物 (135~138) 的结构

Fig. 4 Chemical structures of pentacyclic triterpene compounds (135-138) in *A. ordosica*

1.3 苯丙素类

苯丙素是一类由苯环与三个碳的直链 (C6-C3 基团) 连接在一起构成的天然化合物, 由桂皮酸途径生物合成^[12]。根据其羟化、氧化、还原、醚化、环化、缩合等反应过程的不同可分为简单苯丙素类 (包含苯丙醇、苯丙酸和苯丙烯等)、香豆素、木脂素和木质素等^[12]。苯丙素类化合物在植物界广泛存在, 是许多结构聚合物的重要组成部分, 可抵御紫外线, 抵御食草动物和病原体, 作为花色素和气味化合物介导植物与传粉者的相互作用。黑沙蒿利用传统溶剂萃取分离出的苯丙素大致可分为简单苯丙素、香豆素、木脂素和木质素四类成分。

1.3.1 简单苯丙素类

Hao 等^[9,19]从黑沙蒿石油醚提取物中分离得到 3 种苯丙醇 (139~141) 和 3 种苯丙酸 (146~148)。Xiao 等^[11]对黑沙蒿根乙酸乙酯层物质经液相色谱和质谱联用鉴定得 1 种苯丙醇 (142)。Basenjirigala^[17]对黑沙蒿地上部分的石油醚和氯仿提取物进行研究, 得到 3 种苯丙醇 (143~145)。Bao 等^[10]将黑沙蒿经萃取、柱色谱分离得到 2 种苯丙酸 (149、150)。这些物质的具体名称见表 5, 结构见图 5。

表 5 黑沙蒿简单苯丙素类化合物

Table 5 Simple phenylpropanoid compounds in *A. ordosica*

编号	化合物	参考文献
No.	Compound	Ref.
139	松柏醇 Coniferyl alcohol	9
140	二氢松柏醇 Hydroconiferyl alcohol	9
141	2-[己二烯-(2,4)-基]-苯酚 2-[Hexadiin-(2,4)-yl]-phenol	9
142	羟基酪醇 Hydroxytyrosol	11
143	1-(2-Hydroxyphenyl) hexa-2,4-diyne-1-one	17
144	2-(1-Hydroxyhexa-2,4-diyne) phenol	17

145	<i>o</i> -Hydroxycapillene	17
146	肉桂酸 Cinnamic acid	20
147	阿魏酸 Ferulic acid	20
148	咖啡酸 Caffeic acid	20
149	对羟基肉桂酸 <i>p</i> -Hydroxycinnamic acid	10
150	邻羟基肉桂酸 <i>o</i> -Hydroxycinnamic acid	10

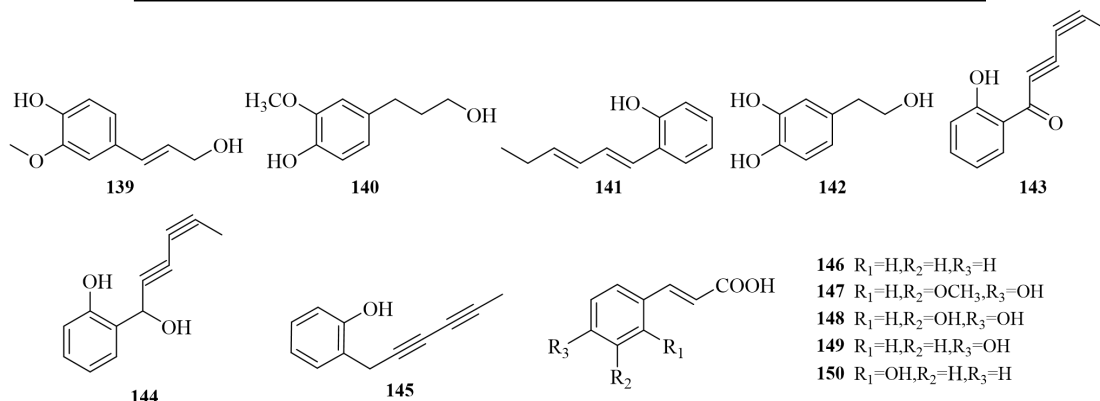


图 5 黑沙蒿简单苯丙素类化合物 (139~150) 的结构

Fig. 5 Chemical structures of simple phenylpropanoid compounds (139-150) in *A. ordosica*

1.3.2 香豆素类

香豆素最早从豆科植物香豆中得到,是由邻羟基桂皮酸形成的内酯,具有芳香气味,也可看成是苯骈 α -吡喃酮^[2]。目前,研究人员已从黑沙蒿中分离出多种香豆素类化合物。Xiao等^[11]对黑沙蒿根部乙酸乙酯萃取层经液相色谱和质谱联用设备鉴定得到8种香豆素(151~158)。Hao等^[9]利用石油醚传统溶剂萃取法分离黑沙蒿,得到1种香豆素(159)。Basenjirigala^[17]和Zhao等^[21]分别对黑沙蒿地上部分的石油醚和氯仿提取物进行研究,共得到2种香豆素(160、161),这两种物质是香豆素异构体,属于异香豆素类,可看作是邻羧基苯乙烯醇所成的酯类。这些物质的具体名称见表6,结构见图6。

表 6 黑沙蒿香豆素类化合物

Table 6 Coumarin compounds in *A. ordosica*

编号	化合物	参考文献
No.	Compound	Ref.
151	6,7-二甲氧基香豆素 6,7-Dimethoxycoumarin	11
152	异苾蓉亭 Isoscopoletin	11
153	3-羟基香豆素 3-Hydroxycoumarin	11

154	秦皮乙素 Esculetin	11
155	瑞香素 Daphnetol	11
156	秦皮素 Fraxetin	11
157	秦皮甲素 Esculin	11
158	6-甲基香豆素 6-Methylcoumarin	11
159	白蜡树素 Dimethylfraxetin	9
160	Dehydrofalconindiol	17
161	茵陈蒿素 Capillarin	21

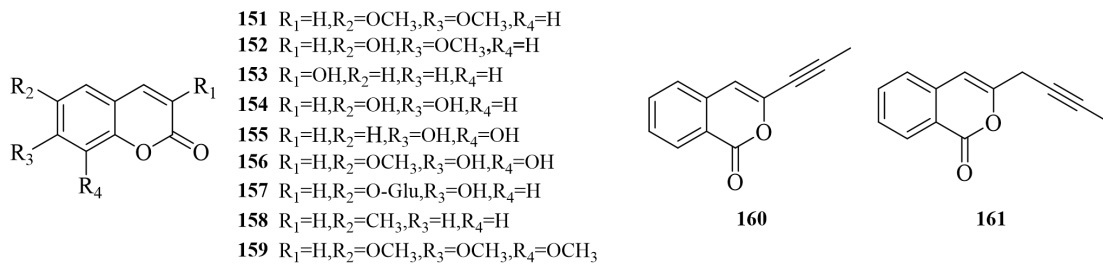


图 6 黑沙蒿香豆素类化合物 (151~161) 的结构

Fig. 6 Chemical structures of coumarin compounds (151-161) in *A. ordosica*

1.3.3 木脂素类

木脂素由两分子苯丙素衍生物（即 C6-C3 单体）聚合而成^[2]。通常，桂皮酸、桂皮醇、丙烯苯、烯丙苯等是组成木脂素的单体，它们在脱氢形成游离基后相互缩合，可形成各种类型的木脂素^[12]。Xiao 等^[11]对黑沙蒿根乙酸乙酯萃取层经液相色谱和质谱鉴定得到 8 种木脂素（162~169）。Basenjirigala^[17]对黑沙蒿地上部分的石油醚和氯仿提取物进行研究，得到 2 种木脂素（170~171）。Hao^[20]利用石油醚萃取分离黑沙蒿得到 5 种木脂素（172~176）。这些物质的具体名称见表 7，结构见图 7。

表 7 黑沙蒿木脂素类化合物

Table 7 Lignan compounds in *A. ordosica*

编号	化合物	参考文献
No.	Compound	Ref.
162	异绿原酸 A Isochlorogenic acid A	11
163	异绿原酸 B Isochlorogenic acid B	11
164	异绿原酸 C Isochlorogenic acid C	11
165	1,3-二咖啡酰奎宁酸 1,3-Dicaffeoylquinic acid	11

166	1,4-二咖啡酰奎宁酸 1,4-Dicaffeoylquinic acid	11
167	1,5-二咖啡酰奎宁酸 1,5-Dicaffeoylquinic acid	11
168	木通苯乙醇苷 B Calceolarioside B	11
169	紫丁香酚甙 Syringin	11
170	Arteodosin A	17
171	Arteodosin B	17
172	Arteordcoumarin A	20
173	Integrin A	20
174	Ordosicin A	20
175	Ordosicin B	20
176	Cymbadahoside A	20

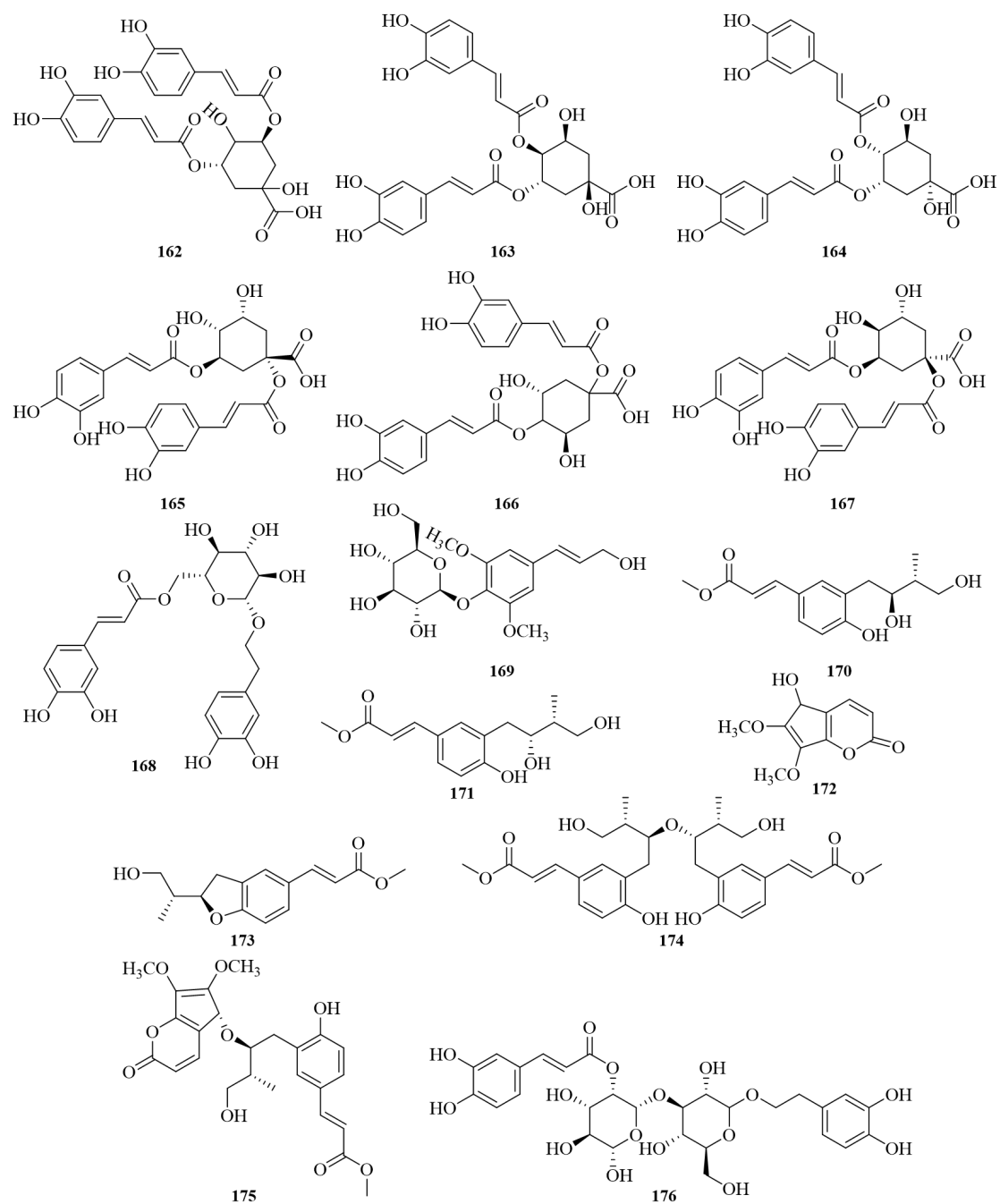


图 7 黑沙蒿木脂素类化合物 (162-176) 的结构

Fig. 7 Chemical structures of lignan compounds (162-176) in *A. ordosica*

1.3.4 木质素类

木质素是具有三维网状结构的无定形生物高分子聚合物，含有丰富的芳香环、芳羟基和醌基等活性基团^[2]。Hao^[20]利用石油醚萃取分离黑沙蒿得到 4 种木质素 (177~180)，具体名称见表 8，结构见图 8。

表 8 黑沙蒿木质素类化合物

Table 8 Lignin compounds in *A. ordosica*

编号	化合物	参考文献
No.	Compound	Ref.
177	Verrucosin	20
178	4, 4', 7, 7'-Tetrahydroxy-3,3'-dimethoxy-8-8'-lignan	20
179	Artemor-dolignan glycoside A	20
180	Physochloside A	20

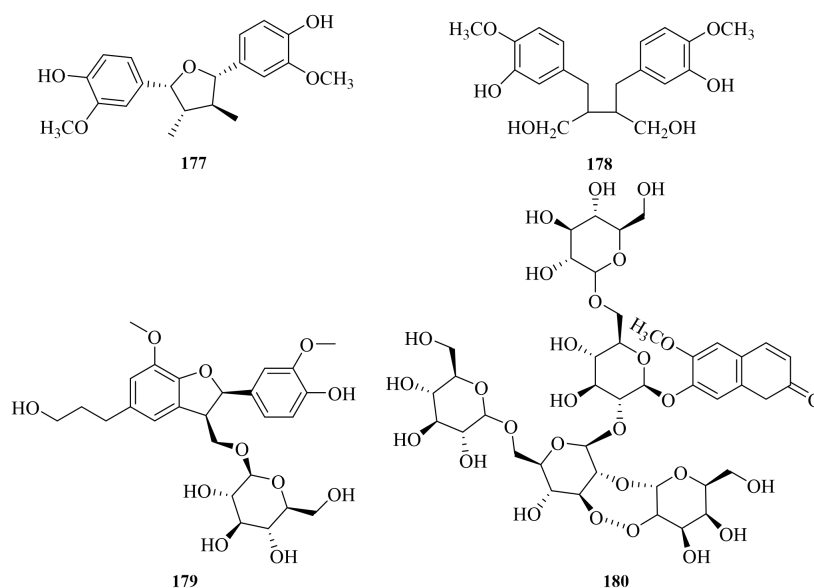


图 8 黑沙蒿木质素类化合物 (177~180) 的结构

Fig. 8 Chemical structures of lignin compounds (177-180) in *A. ordosica*

1.4 有机酸类

有机酸是指具有羧基的化合物（不包括氨基酸），广泛分布于植物的叶、根和果实中^[2]。常见的植物来源有机酸包括酒石酸、抗坏血酸、苯甲酸、水杨酸及其衍生物等。黑沙蒿氯仿、乙酸乙酯提取物中能够分离得到 2 个有机酸（**181**、**182**）^[19]。Xiao 等^[11]对黑沙蒿根乙酸乙酯萃取层分离纯化后采用液相色谱串联质谱设备鉴定得到多种化学成分，其中有 6 种有机酸（**183**~**188**）。Hao^[20]利用石油醚萃取分离黑沙蒿得到 4 种有机酸（**189**~**192**），具体名称见表 9，结构见图 9。

表 9 黑沙蒿有机酸类化合物

Table 9 Organic acid compounds in *A. ordosica*

编号	化合物	参考文献
No.	Compound	Ref.
181	二十四烷酸 Tetracosanoic acid	19
182	棕榈酸 Palmitic acid	19
183	右旋奎宁酸 <i>d</i> -(-)-Quinic acid	11
184	10-羟基-2-癸烯酸 10-Hydroxy-2-decenoic acid	11
185	原儿茶酸 Protocatechuic acid	11
186	琥珀酸 Succinic acid	11
187	富马酸 Fumaric acid	11
188	没食子酸 Gallic acid	11
189	Ordosacid A	20
190	Ordosacid B	20
191	Integrin B	20
192	Arteordoy B	20

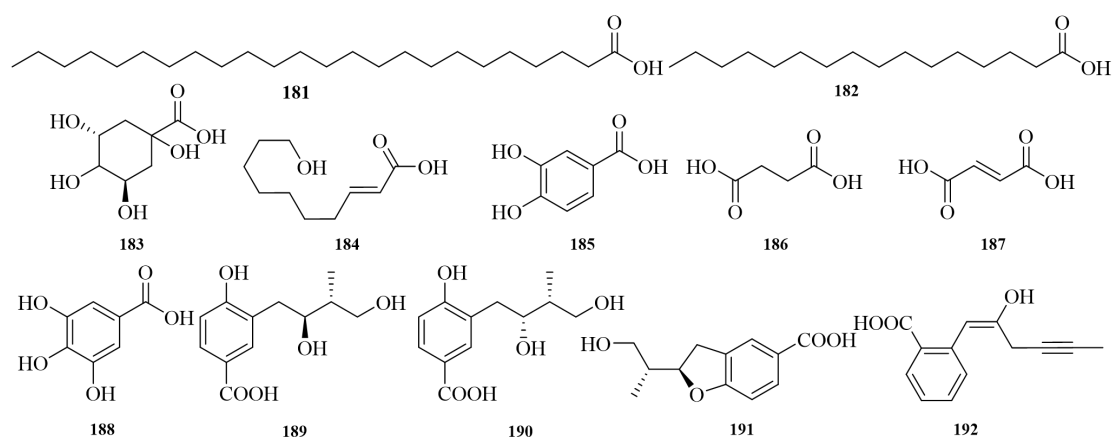


图9 黑沙蒿有机酸类化合物(181-192)的结构

Fig. 9 Chemical structures of organic acid compounds (181-192) in *A. ordosica*

1.5 多糖类

多糖是生物体中广泛存在并维持生命活动正常运转的重要生物大分子^[2]。黑沙蒿多糖主要是从沙蒿(籽)胶分离出。沙蒿籽主要指黑沙蒿和白沙蒿的种子,其表面有一薄层胶质,称为沙蒿(籽)胶。Wei^[22]将沙蒿胶用80%的浓硫酸融化后,加水稀释、水解得到沙蒿胶多糖,经层析分离后确定其中含有阿拉伯糖、甘露糖、葡萄糖、半乳糖和木糖。研究表明,沙蒿籽胶多糖是由多种单糖组成的杂多糖,对其分级、纯化后发现,主要由葡萄糖、甘露糖、

半乳糖、阿拉伯糖、鼠李糖、木糖和糖醛酸组成^[23]。Deng^[24]采用热水法提取沙蒿籽胶多糖，并用强碱性溶液处理得到沙蒿籽胶多糖，将其分离纯化后发现这类物质主要由甘露糖、葡萄糖、半乳糖及酸性木聚糖组成。Xing^[25]对黑沙蒿地上部分利用水提醇沉得到黑沙蒿多糖，采用柱层析纯化，凝胶色谱分析确定黑沙蒿多糖由阿拉伯糖、半乳糖、葡萄糖、木糖、甘露糖、岩藻糖、核糖、半乳糖醛酸和葡萄糖醛酸组成，是一种中性杂多糖。

1.6 其他类

黑沙蒿中的活性成分多种多样，除已介绍的主要成分外，还含有一些其他类化合物，如核酸类(193~197)^[11]、甾体类(198~200)^[11, 19, 20]、葱醌类(201~203)^[11]、维生素类(204~206)和杂环类(207)等^[4, 11]，这些物质的名称见表 10，结构见图 10。此外黑沙蒿还包含一些植物所必需的氨基酸（如 *D*-脯氨酸、缬氨酸、苏氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸、组氨酸和精氨酸等）和微量元素（如，钾、钙、锰、铁、铜、锌、铷和锶等）^[4, 13]。

表 10 黑沙蒿其他类化合物

Table 10 Other compounds in *A. ordosica*

编号	化合物	参考文献
No.	Compound	Ref.
193	尿苷 Uridine	11
194	腺嘌呤核苷 Adenosine	11
195	鸟嘌呤核苷 Guanosine	11
196	腺嘌呤 Adenine	11
197	虫草素 Cordycepin	11
198	拟人参皂甙 RT5 Pseudoginsenoside RT5	11
199	β -谷甾醇 β -Sitosterol	19
200	(+)-Neoolivil	20
201	大黄素 Emodin	11
202	大黄酚 Chrysophanol	11
203	橙黄决明素 Aurantio-obtusin	11
204	烟酰胺 Nicotinamide	11
205	烟酸 Nicotinic acid	11

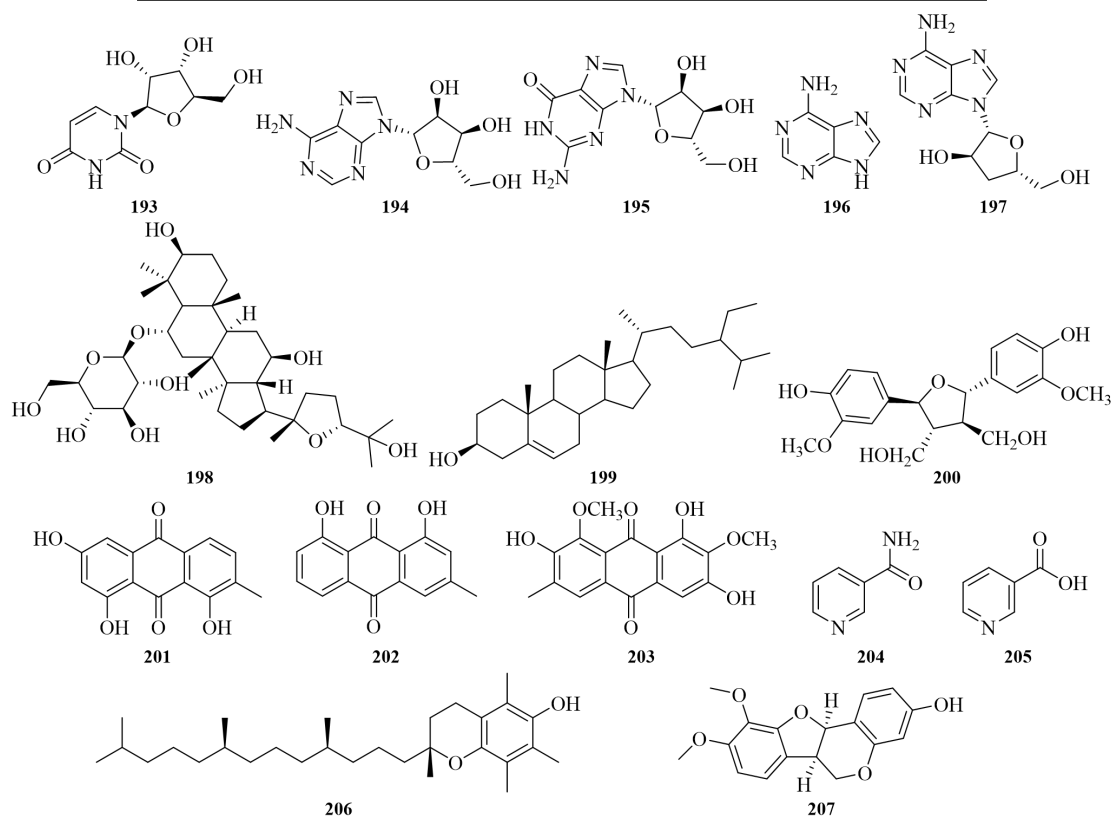


图 10 黑沙蒿其他类化合物 (193~207) 的结构

Fig. 10 Chemical structures of other compounds (193-207) in *A. ordosica*

2 黑沙蒿生物活性

大量研究表明黑沙蒿及其化学成分具有广泛的生物活性, 如抗氧化、抗炎、抑菌、调节免疫、抗肿瘤、降血糖、降血脂、促进瘤胃发酵、抗溃疡、降胆固醇和对粘虫的抑制活性等。

2.1 抗氧化活性

研究表明, 黑沙蒿及其提取物具有一定的抗氧化作用。Zhang^[26]将黑沙蒿作为饲料添加剂, 发现其可能通过上调绒山羊羔羊血液中核转录因子 E2 相关因子 2 (nuclear factor erythroid-derived 2-like 2, NRF2) 基因的表达量, 调控下游抗氧化酶和过氧化氢酶等基因的表达, 增强抗氧化酶的活性, 从而发挥抗氧化活性。Tong^[27]发现在饲料中添加黑沙蒿水提取物可以提高肉仔鸡抗氧化功能。Guo 等^[28]研究发现, 黑沙蒿水提取物能够提高小白鼠钙和磷的表观消化率, 提高血清和组织中抗氧化酶活性, 来提高抗氧化水平。Li 等^[29]研究表明, 饲料中添加黑沙蒿粗多糖 (*Artemisia ordosica* crude polysaccharide, AOCP) 能够降低血清中肿瘤坏死因子- α 、一氧化氮、活性氧和丙二醛的浓度, 提高泌乳驴血清中免疫球蛋白 A

(immunoglobulin A, IgA)、IgG、IgM 的浓度、超氧化物歧化酶、过氧化氢酶活性和总抗氧化能力, 这与其他研究结果类似^[30]。Xing 等^[31]和 Du 等^[32]对黑沙蒿提取多糖进行抗氧化活性检测, 表明此类多糖可以提高大鼠和肉仔鸡肝脏中与各类抗氧化相关酶种的活性, 增强相关基因的表达水平, 而且在体外具有清除各类自由基 (DPPH、羟基和 ABTS 自由基) 的能力。Wang 等^[33]研究表明, 黑沙蒿的无水乙醇和乙酸乙酯提取物抗 DPPH 自由基氧化效果优于水和乙醚提取物, 尽管以现有手段检测得到后两种溶剂提取物中多糖、黄酮和多酚含量都高于前两者。Yang^[34]对黑沙蒿黄酮类化合物的抗自由基活性进行研究, 发现 5-羟基-7,4'-二甲氧基黄酮 (24)、樱花素 (25) 和异野樱素 (26) 对 DPPH、羟自由基和超氧阴离子自由基均有一定程度的清除能力。Qi 等^[35]采用模拟计算分析黑沙蒿分离的黄酮类化合物 (芫花素 (1)、羟基芫花素 (2)、芹菜素-7,4'-二甲醚 (3) 和鼠李素 (15)) 的生物活性特点, 发现这些物质的抗氧化性能与其结构中含有的酚羟基数目和取代基位置的异同有密切关系, 其中鼠李素分子独特的共轭结构表现出最强的抗氧化活性。Wang 等^[36]通过研究发现不同黄酮类化合物间抗氧化活性的差异主要由其结构中酚羟基的数目不同而引起的, 且二者之间的关系呈现出正相关趋势。Pan 等^[37]测定油蒿挥发油的抗氧化性, 表明油蒿挥发油对 DPPH、ABTS 和铁离子自由均有一定的清除作用, 表现出良好的抗氧化能力。

2.2 抗炎活性

研究表明, 黑沙蒿黄酮具有潜在的抗炎活性。Zhong 等^[8]研究表明, 黑沙蒿分离得到的 3 个黄酮类化合物 (高车前素 (9)、3,5,3',4'-四羟基-6,7-二甲氧基黄酮 (17) 和 7-O-甲基圣草酚 (28)) 能够抑制大鼠巨噬细胞生成 NO, 表明其具有潜在的抗炎活性。She 等^[38]首次通过药效试验证明黑沙蒿根乙酸乙酯提取物可以呈剂量依赖性地发挥抗类风湿关节炎的效果, 并通过影响信号转导和转录激活因子 3 (signal transducer and activator of transcription 3, STAT3)、胱天蛋白酶 3 (Caspase-3)、半乳糖凝集素-3 (Galectin-3) 和 S100 钙结合蛋白 A9 (S100A9) 蛋白表达, 抑制滑膜成纤维细胞的增殖并促进其凋亡、影响血清相关免疫因子水平、影响关节部位炎症因子和趋化因子水平以及关节部位免疫细胞的浸润等方面协同发挥抗类风湿关节炎作用。Xiao 等^[11]采用传统溶剂萃取分离, 发现黑沙蒿乙酸乙酯层提取物可以通过抑制组胺、白细胞介素-4 (interleukin 4, IL-4)、干扰素- γ (interferon- γ , IFN- γ) 等过敏和炎症介质, 并减少鼻黏膜中嗜酸性粒细胞的浸润, 在体内表现出潜在的抗炎特性。该课题组进一步研究发现黑沙蒿中的异绿原酸 A (162) 和异绿原酸 C (164) 可显著减少肥大细胞脱颗粒率, 并通过网络药理学研究显示这两个化合物可能通过白细胞跨内皮转移信号通路、促性腺激素释放激素 (gonadotropin-releasing hormone, GnRH) 信号通路和肿瘤信号

通路等,参与丝裂原活化蛋白激酶(mitogen-activated protein kinase, MAPK)正向调节、细胞外基质分解和整合素介导的信号通路等生物学过程来发挥抗过敏性鼻炎的作用^[39]。Guo等^[40]研究表明,肉仔鸡饲料中添加黑沙蒿水提物可显著降低($P<0.05$)脂多糖(lipopolysaccharide, LPS)刺激下肉仔鸡小肠炎 Toll 样受体 4(Toll-like receptor 4, TLR4)、脂多糖诱导的肿瘤坏死因子(lipopolysaccharide-induced tumor necrosis factor alpha factor, LITAF)、一氧化氮合酶 2(nitric-oxide synthase 2, NOS2)、核凋亡诱导因子 1(nuclear apoptosis-inducing factor 1, NAIF1)、IL-1 β 、IL-6、LITAF、NOS2 和回肠原癌基因核转录因子(nuclear factor kappa-B, NF- κ B)等基因表达水平。Sun 等^[41]采用网络药理学探讨黑沙蒿治疗过敏性鼻炎的作用机制,表明黑沙蒿黄酮类化合物中的芫花素(1)、羟基芫花素(2)、滨藜素(4)和金合欢素(12)通过调节雌激素信号通路、磷脂酰肌醇 3 激酶(phosphoinositide 3-kinase-protein kinase B, PI3K-PKB)信号通路等发挥抗过敏性鼻炎的作用。Hao^[20]基于网络药理学研究表明黑沙蒿提取得到的芹菜素-7,4'-二甲醚(3)、阿魏酸(147)、咖啡酸(148)、integrin A(173)和 ordosicin B(175)通过调节 MAPK1、磷脂酰肌醇 3 激酶(Phosphoinositide 3-kinase, PI3K)中的异构体磷脂酰肌醇 3 激酶催化亚基 γ (PI3K catalytic subunit gamma, PI3KCG)、磷脂酰肌醇 3 激酶催化亚基 δ (PI3K catalytic subunit delta, PI3KCD)和基质金属蛋白酶(matrix metalloprotein 9, MMP9)、MMP2 信号通路发挥抗风湿性关节炎的作用。

2.3 抑菌活性

研究表明,黑沙蒿提取物中的多糖类、黄酮类和萜类等物质能够发挥出抑制多种细菌的生物活性。Wang^[42]通过研究发现黑沙蒿多糖对肉仔鸡肠道菌群的结构促进作用,表明其能够促进肠道双歧杆菌的增殖并抑制大肠杆菌的增殖,具有一定的抑菌活性。Bi 等^[43]研究发现,黑沙蒿分离得到金合欢素(12)能与金黄色葡萄球菌结合形成紧密构象,从而发挥抑菌活性。Liu 等^[44]将高效液相指纹图谱和对金黄色葡萄球菌的抑菌试验结果进行分析,表明黑沙蒿乙醇提取物抑菌活性是由于多个具有抑菌效果的组分协同作用的结果。

除以上常见细菌的抑菌活性外,黑沙蒿对植物病菌也表现出各种不同的活性。Yu 等^[45]研究表明,黑沙蒿提取物对黄瓜枯萎病菌、黄瓜炭疽病菌、番茄灰霉病菌、番茄早疫病菌的抑制率均在 70%以上,具有明显的抑菌作用。此外,黑沙蒿乙酸乙酯、乙醇和甲醇等有机溶剂提取物能够制成新型的杀菌剂,对大棚番茄灰霉病和黄瓜霜霉病具有较好的防治效果,施用后无残留,是理想的无公害杀菌剂^[46]。

2.4 免疫调节活性

一些研究者对黑沙蒿多糖的体外活性进行了研究,结果表明黑沙蒿多糖可通过提高肉仔

鸡蛋白质表观代谢率,降低血清应激激素和促炎细胞因子含量来缓解细菌脂多糖导致的生长性能下降、免疫应激及氧化损伤^[25]。Guo 等^[47]发现黑沙蒿醇提物可通过抑制 TLR4 或 NF- κ B 信号通路来调节肉仔鸡的免疫功能,改善肉仔鸡的生长性能,促进免疫器官发育,提高机体中免疫球蛋白和抗炎因子水平。Guo 等^[28]研究表明,饲料中添加黑沙蒿水提物后能够提高小白鼠血清中免疫球蛋白 IgM、IgG 和 IL-1 β 的含量,从而提高机体免疫。Zhang^[26]研究发现黑沙蒿作为饲料添加剂能够对羔羊产生免疫作用,这可能是通过上调 IL-1 β 的表达,诱导一氧化氮合酶基因的表达,抑制 NF- κ B 信号通路,促进脾脏中 IFN- γ 、IL-2、IL-6 和肿瘤坏死因子- α (tumor necrosis factor- α , TNF- α) 等的基因表达来发挥免疫作用。Deng^[24]从沙蒿多糖中分离纯化后得到沙蒿多糖-1,并对其免疫调节活性进行了评价,发现沙蒿多糖-1 能够刺激巨噬细胞释放一氧化氮,分泌 TNF- α 、IL-6 和 IFN- β 等免疫调节因子,提升巨噬细胞的吞噬能力,达到抵御病原体入侵和提高机体免疫功能的作用。

2.5 抗肿瘤活性

黑沙蒿中分离得到的多种物质都具有不同程度的抗肿瘤活性,如金合欢素(12)可通过 PINK1/Parkin 通路介导的线粒体自噬,抑制 Hep G2 细胞的增殖、迁移,减弱其体内外血管生成,从而促进肝癌细胞凋亡^[48];金丝桃苷(16)可通过降低非小细胞肺癌细胞(non-small cell lung cancers, NSCLC)中细胞程序性死亡配体 1(programmed cell death 1 ligand 1, PD-L1)的表达水平,阻断程序性死亡受体 1(programmed cell death protein 1, PD-1)/PD-L1 的相互作用,从而促进 T 细胞对 NSCLC 细胞的杀伤活性,发挥其抗肿瘤免疫作用^[49];槲皮素(18)可通过调控 IL-6 介导的炎症反应,抑制 Janus 激酶(Janus kinase, JAK)信号转导和转录激活因子(Signal transducer and activator of transcription, STAT)通路表达,进一步抑制其下游通路蛋白,抑制结肠癌的恶化^[50]。Artemordin 2(104)和 artemordin 8(110)对 Hep G2、Huh7 和 SK-Hep-1 肝癌细胞均能够产生抑制作用^[18]。

2.6 其他活性

除常见的上述活性外,黑沙蒿及其提取物还具有降血糖、降血脂、促进瘤胃发酵、抗溃疡、降胆固醇、对粘虫的抑制活性等。

Zhang^[26]发现黑沙蒿能降低不同时期绒山羊血清中游离脂肪酸和碱性磷酸酶,增加总蛋白含量,但血清中尿素氮和葡萄糖的含量呈现先降低后升高的趋势,表明黑沙蒿对绒山羊具有一定的降血糖和降血脂的作用。Xiao 等^[51]发现芫花素(1)、羟基芫花素(2)、芹菜素-7,4'-二甲醚(3)、4'-甲基金圣草素(5)和金合欢素(12)等黑沙蒿中的黄酮类化合物能够与过氧化物酶体增殖物激活受体 γ (peroxisome proliferators-activated receptor- γ , PPAR- γ)

形成较好的对接模式与较高亲和力，表明其具有潜在降血糖活性。Liu^[52]通过研究不同剂量的黑沙蒿水提物对奶牛体外瘤胃发酵功能的影响，发现添加黑沙蒿水提物会降低瘤胃 pH 值，从而抑制原虫的繁殖，促进瘤胃发酵。Li 等^[53]通过绒山羊体外瘤胃发酵分析证实，日粮中添加 0.3%AACP 可改变绒山羊瘤胃菌群分布、促进有益菌定植、减少潜在致病菌定植，提高了绒山羊瘤胃发酵、抗氧化和免疫功能、营养物质消化率和生长性能。Li 等^[54]研究发现，沙蒿种子油乳剂能提高多种胃溃疡动物模型引起的胃蛋白酶活性，使溃疡面积显著缩小，这可能是由于沙蒿油乳剂表现出积极地屏障作用，减少了溃疡的形成。Huang 等^[55]研究发现，沙蒿籽多糖可显著降低由四氧嘧啶模型诱导的糖尿病大鼠血清中葡萄糖、甘油三酯和胆固醇的含量，发挥降血糖、降胆固醇和降血脂的综合作用。一些研究者对沙蒿多糖及其衍生物的体外降血糖作用进行细致研究，发现此类多糖及其衍生物可不同程度的增加细胞中的胰岛素的消耗，提高葡萄糖的代谢率，体现出降血糖的功效^[56]。Liu 等^[57]采用浸虫法测定黑沙蒿石油醚、氯仿、乙酸乙酯、正己烷和丙酮 5 种传统溶剂提取物对粘虫的作用，表明这些提取物均对粘虫具有一定的抑制活性，而乙酸乙酯提取物活性最优，主要为拒食、触杀和抑制生长发育等。

3 黑沙蒿应用

3.1 生态应用

黑沙蒿是西北地区优良的防风固沙辅助性植物之一，具有耐沙埋、抗风蚀、耐贫瘠、分枝和结实性良好等特性^[58]。因此，黑沙蒿在生态应用方面有着重要意义，尤其在荒漠化防治、生态恢复和环境保护中发挥了关键作用，是应对荒漠化和生态退化的有效植物资源。

黑沙蒿作为一种耐旱耐盐碱植物，能够在恶劣的沙漠环境中生存，成为沙漠地区良好的固沙植物之一。Zhang 等^[59]研究表明，黑沙蒿主要通过提升小枝向叶片供水的潜力增加其抗旱能力。黑沙蒿根系发达，能深入地下数米，牢固地固定沙土，其密集的植被覆盖能显著降低地表风速，减少土壤侵蚀和沙尘暴的发生频率，减少沙漠化扩展，发挥荒漠化防治的作用。在沙漠地区，如毛乌素沙地、库布齐沙漠等地，通过种植黑沙蒿，使得这些地区的风沙活动明显减少，土地沙漠化趋势得到有效控制。黑沙蒿不仅能固定土壤，其落叶和枯枝能够增加土壤有机质含量，改善土壤结构和肥力，有助于恢复生态系统。Zheng 等^[60]研究表明，采煤沉陷区土壤侵蚀破坏造成的黑沙蒿根系断裂会降低其生长速率，但其可通过调节自身抗氧化酶活性来维持其基本生长，是具有优良抗逆性与适应性的侵蚀区生态修复植物之一。另有研究表明黑沙蒿能够在短时间内修复矿区植被，建立起稳定的植被生态系统且具有一定的重金属耐受性，能够修复重金属污染土壤，无二次污染^[61]。

3.2 饲料添加剂应用

黑沙蒿是我国西北部地区天然草地资源中饲用价值较高、分布较广、数量较多的一类牧草。黑沙蒿的粗蛋白、粗脂肪、无氮浸出物、钙等营养成分含量较高，营养价值较大，适口性好^[58]。因其具有纯天然、无公害、无残留和价格低廉等优点，使得其在动物养殖饲料添加剂方面应用广泛，包括改善动物健康、替代抗生素、促进生长、改善肉质和产品质量等^[62]。使其在现代畜牧业中具有广泛的应用前景和巨大的市场潜力，能够推动畜牧业的可持续发展。

由前述可知，黑沙蒿中含有多种活性成分，能够发挥多种生物活性。如黄酮类化合物、挥发油中的萜类成分以及各类混合提取物等具有抗氧化、抗菌、抗炎和增强免疫等作用。通过添加到饲料中，可以刺激动物免疫系统，增强动物的免疫力，提高动物对病原体的抵抗力；能够抑制病原菌的生长，发挥抗菌作用，减少感染性疾病的发生，提高动物整体健康水平，促进动物生长发育、提高生产性能。黑沙蒿及其提取物具有天然的抗生素的特性，可作为现有抗生素的替代品，作为饲料添加剂可减少传统抗生素的使用性和依赖性，降低耐药性的风险，从而提高动物产品的安全性。

研究表明，黑沙蒿中的活性成分能够改善肠道微生物环境，提升消化和营养吸收效率，增加体重，从而促进家禽和家畜的生长。Xing 等^[63]通过在饲料中添加黑沙蒿提取多糖，发现其可显著地增加大鼠每日平均增重和增重耗料比，促进大鼠的生长。Liu 等^[64]研究表明，在肉兔日粮中添加黑沙蒿水提物，能明显改善肉兔生长性能。Xing 等^[65]发现在不影响仔猪体重的情况下，将黑沙蒿水提物作为仔猪的饲料添加剂，可降低其每日进食量，表现出更好的生长性能。研究发现，黑沙蒿可以增加肉类中不饱和脂肪酸和抗氧化物质等有益成分的含量，改善肉质风味和营养价值，提高肉质和产品质量。Wu^[66]通过研究发现随着黑沙蒿粗黄酮添加量的增加，肉仔鸡腿肌的滴水损失呈显著一次线性降低，对肉仔鸡肌肉品质略有改善效果。Yan^[67]研究表明，黑沙蒿植株可显著降低内蒙古阿尔巴斯白绒山羊肌肉背最长肌粗脂肪和胆固醇的含量，增加肌肉蛋白质含量，进而改善山羊肉的营养品质。Meng^[68]研究表明，日粮通过在饲料中添加黑沙蒿水提物，可增加泌乳期带驹德州母驴的产奶性能，优化驴乳的脂肪酸组成。此外，还有研究表明，将黑沙蒿全草乙醇回流后得到的提取物作为奶牛的饲料添加剂，能够显著增加牛乳中的共轭亚油酸的含量，改善牛乳品质和营养价值，提高产奶量^[69]。

3.3 医药应用

蒿属植物种类繁多，黑沙蒿作为其中一种特色中蒙药材，在民间应用历史悠久，疗效优良，享有盛誉。

黑沙蒿，味辛苦，性微温，具有祛风除湿、解毒消肿的作用，主治风湿性关节炎、感冒头痛、咽喉肿痛等。《内蒙古中草药》中介绍黑沙蒿茎叶有去风湿，消热消肿，治风湿性关节炎，咽喉肿痛。具体用法为：黑沙蒿茎叶、老鹳草各五钱，马先蒿三钱，水煎服，可治风湿性关节炎。《中国沙漠地区药用植物》中介绍黑沙蒿新鲜枝叶及花蕾，捣烂外敷疮疖痈肿具有拔脓作用；黑沙蒿花蕾三钱，水煎服，可治感冒头痛；鲜黑沙蒿根，去外皮，折断用鼻嗅之，治鼻出血，但不宜嗅之过久，会引起鼻腔肿胀；休克晕倒用鲜根闻之即能苏醒。此外，黑沙蒿还可与其他中药配伍，协同发挥作用。同时，黑沙蒿也收录在《中华本草》和《中药大辞典》中。Lan^[70]公开一种黑沙蒿活络伤湿止痛膏的发明专利，是由黑沙蒿、吹风散、四方藤、花叶假杜鹃、薜荔、虎杖、细辛、珠兰、油菜籽油按一定比例配比制成，能够祛风除湿、舒筋活络、活血止痛，临床主要用于治疗跌打损伤、跌打肿痛、扭伤肿痛、软组织挫伤、风湿、类风湿性关节炎、腰腿关节疼痛、筋骨扭伤疼痛的疾病等。

黑沙蒿植物资源日益增加，然而作为传统中蒙药材，其在医药应用方面的研究仍显不足，亟待加强。

4 结语与展望

黑沙蒿植物资源丰富，因其化学成分种类繁多、生物活性丰富，在生态应用、饲料添加剂和医药领域具有一定程度的应用。近年来，随着对黑沙蒿化学成分研究的不断深入，已发现黑沙蒿包含的物质种类繁多，大致可分为黄酮类、萜类、苯丙素类、有机酸类、多糖类和其他类共 6 大类 26 小类，207 种单体化合物。其中，有 34 种黄酮类成分（分为黄酮、黄酮醇、黄烷酮和黄烷酮醇），104 种萜类成分（分为单萜、倍半萜和三萜类），42 种苯丙素类成分（分为简单苯丙素、香豆素、木脂素和木质素），12 种有机羧酸类成分，5 种核苷酸类成分，3 种甾体类、3 种蒽醌类、3 种维生素类和 1 种杂环类成分。此外还有 10 种氨基酸和 8 种微量元素。黑沙蒿化学成分种类众多，活性独特的化合物也不在少数，从其中寻找具有药用价值的天然化学成分，阐述其中的药理学原理是值得深入研究的内容。

目前研究发现的黑沙蒿活性特点有抗氧化、抗炎、抗肿瘤、抑菌、免疫调节、促进瘤胃发酵、降胆固醇、降血糖、抗溃疡和对粘虫的抑制活性等。诸多的活性使得黑沙蒿在临床应用方面有着广阔的前景，如抗菌和抗病毒活性使得黑沙蒿有望成为新型抗感染药物的开发对象；抗炎活性使其有望用于治疗炎症性疾病，如过敏性鼻炎、关节炎、炎症性肠病等；抗肿瘤活性为其在癌症治疗中的应用提供了理论基础，未来可能用于开发新的抗癌药物；免疫调节活性可使其作为免疫调节药物，增强机体免疫力等多个方面的潜在应用。同时，作为一种优良植物在生态环境、畜牧业饲料添加剂和医药方面展现出了广阔的应用前景。

然而,从目前的黑沙蒿提取物活性研究和饲料添加剂的应用情况来看,大多数学者对黄酮类、糖类和混合提取物进行了研究,展现出多方面的活性和临床应用的巨大潜力,但其开发和应用仍面临一些挑战。首先就是黑沙蒿的活性成分复杂性,使得提取和纯化过程较为困难,需要进一步优化技术手段,提取更多潜在活性成分;其次是在将黑沙蒿提取物应用于临床前,必须进行全面的毒理学研究,确保其安全性;最后还需要深入研究黑沙蒿生物活性成分(如黄酮类、苯丙素类、萜类和有机酸类等)的药效作用机制,以便更好地开发针对特定疾病的治疗方法。未来有关黑沙蒿的研究应着重于其活性成分的分离、鉴定及其作用机制的探索,同时进行一定规模的动物及临床试验,以验证其治疗效果和安全性。这些努力将有助于推动黑沙蒿在临床医学中的广泛应用。

参考文献

- 1 Dai YM,et al.Leaf traits of *Artemisia ordosica* at different dune fixation stages in Mau Us Sandy Land[J].Chin J Plant Ecol(植物生态学报),2022,46:1376-1387.
- 2 Li Q,et al.Pharmacognosy(生药学)[M].Beijing:China Medical Science Press,2022.
- 3 Zhang ZX,et al.Research progress in application of extraction technology and screening method of effective parts of Chinese materia medica[J].Chin J Inf Tradit Chin Med(中国中医药信息杂志),2021,28:132-136.
- 4 Xiao B,et al.Research progress on resource distribution,chemical constituents and pharmacological activities of *Artemisia ordosica* Krasch.[J].China Pharm(中国药房),2016,27:1862-1864.
- 5 Zhao DB,et al.Studies on flavonoids from herb of *Artemisia ordosica*[J].China J Chin Mater Med(中国中药杂志),2005,18:1430-1432.
- 6 Zhang W,et al.Studies on flavonoid constituents from herbs of *Artemisia ordosica* II[J].China J Chin Mater Med(中国中药杂志),2006,23:1959-1961.
- 7 Zhang W.Studies on the chemical constituents of *Acroptiln repens* and *Artemisia ordosica*[D].Zhengzhou:Henan University(河南大学),2006.
- 8 Zhong Y,et al.Chemical constituents of *Artemisia ordosica* Krasch.and their bioactivities[J].Chem Bioeng(化学与生物工程),2016,33:36-38.
- 9 Hao JS,et al.Chemical constituents of *Artemisia ordosica*[J].Chin Pharm J(中国药学杂志),2019,54:863-866.
- 10 Bao YQ,et al.TLC identification and HPLC analysis of *Artemisia ordosica*[J].Chin Pharm J(中国药学杂志),2020,55:357-361.
- 11 Xiao B,et al.Ethno-medicinal study of *Artemisia ordosica* Krasch.(traditional Chinese/Mongolian medicine) extracts for the treatment of allergic rhinitis and nasosinusitis[J].J Ethnopharmacol,2020,248:112262.

- 12 Huang J, et al. Chemistry of Natural Product(天然产物化学)[M]. Beijing: Science Press, 2018.
- 13 Yan SF, et al. Studies on trace elements and the chemical composition of essential oils from *Artemisia ordosica* Krasch. [J] Chin J Anal Lab(分析实验室), 1994, 13: 82-84.
- 14 Yu FL, et al. Studies on the volatile oil composition of *Artemisia ordosica* in the Maowusu sandy area of Inner Mongolia [J]. Nat Prod Res Dev(天然产物研究与开发), 1996, 8: 14-18.
- 15 Liu YJ. Development of plant volatile attractant of wood-boring pests in *Artemisia ordosica* and *Artemisia sphaerocephala* shrubs [D]. Beijing: Beijing Forestry University(北京林业大学), 2009.
- 16 Basenjirigala, et al. Qualitative analysis of volatile oil from *Artemisia ordosica* Krasch. by GC-MS [J]. J Inner Mongolia Univ for Nat(内蒙古民族大学学报(自然科学版)), 2019, 34: 265-270.
- 17 Basenjirigala. Isolation and identification of chemical constituents from *Artemisia ordosica* and study on their qualitative and quantitative [D]. Tongliao: Inner Mongolia University(内蒙古民族大学), 2020.
- 18 Wang Y, et al. Artemordins A-S, cadinane-type sesquiterpenoid dimers from *Artemisia ordosica* and their antihepatoma activities [J]. Chin J Chem, 2024, 42: 1493-1508.
- 19 Tan RX, et al. Biologically active substances from the genus *Artemisia* [J]. Planta Med, 1998, 4: 295.
- 20 Hao JS. Study on active ingredients and therapeutic mechanism of rheumatic arthritis of *Artemisia ordosica* based on network pharmacology research methods [D]. Tongliao: Inner Mongolia University(内蒙古民族大学), 2020.
- 21 Zhao DB, et al. Isolation and identification of capillarin from *Artemisia ordosica* Kraschen [J]. Chin J Struct Chem, 2005, 24: 637.
- 22 Wei MS. Studies on the chemical composition and application of *Artemisia annua* seeds [J]. J Chin Cereals and Oils Assoc(中国粮油学报), 1988, 02: 50-52+63.
- 23 Liu DH, et al. Fractionation and structure of polysaccharides of *Artemisia sphaerocephala* Krasch. gum [J]. Food Sci(食品科学), 2007, 03: 73-76.
- 24 Deng YN. Structure characterization and bioactivity of degradation products of gum polysaccharide of *Artemisia sphaerocephala* Krasch. [D]. Xi'an: Northwest University(西北大学), 2018.
- 25 Xing YY. Study on the mitigation action of *Artemisia ordosica* polysaccharide on immune stress of broilers and the underlying mechanism [D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University(内蒙古农业大学), 2021.
- 26 Zhang YS. Effect of *Artemisia ordosica* Krasch. on antioxidant and immune function in Inner Mongolia white cashmere goats [D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University(内蒙古农业大学), 2018.
- 27 Tong MM. Effects of *Artemisia ordosica* aqueous extract on antioxidation and immune function and relates

- gene expression in broilers[D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University(内蒙古农业大学),2017.
- 28 Guo SW,et al.Effect of water extract of *Artemisia ordosica* on growth performance,immune and antioxidative indexes in mice[J].Feed Res(饲料研究),2021,44:81-84.
- 29 Li,SY,et al.Rectal microbiomes and serum metabolomics reveal the improved effect of *Artemisia ordosica* crude polysaccharides on the lactation performance,antioxidant and immune responses of lactating donkeys[J].J Dairy Sci,2024.
- 30 Cha SN,et al.Immunomodulatory effect of polysaccharides from *Rosa davurica* roots on immunosuppressed mice induced by cyclophosphamide[J].Nat Prod Res Dev(天然产物研究与开发),2024,36:196-205,292.
- 31 Xing YY,et al.Optimization extraction and characterization of *Artemisia ordosica* polysaccharide and its beneficial effects on antioxidant function and gut microbiota in rats[J].RSC Adv,2020,10:26151-26164.
- 32 Du,H,et al.Effects of *Artemisia ordosica* polysaccharide on growth performance and antioxidant capacity in broilers[J].J Appl Anim Res,2023,51:92-101.
- 33 Wang JL,et al.Active components and antioxidant activity of *Artemisa ordosica* extracts with different solvents[J].Anim Husb Vet Med(畜牧与兽医),2019,51:115-120.
- 34 Yang YX. Flavanones of *Artemisia ordosica* Kraschen. and *Elsholtzia bodinieri* Vaniot & their scavenging activities to free radicals[D].Kaifeng:Henan University(河南大学),2005.
- 35 Qi JM,et al.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.
- 36 Wang Y,et al.Activity of natural flavones in scavenging hydroxyl radicals[J].Chem Res(化学研究),2010,21:57-59.
- 37 Pan Q,et al.Extraction condition optimization of essential oil and in vitro antioxidant activity of *Artemisa ordosica*[J].Chin J Grass(中国草地学报),2022,44:100-106.
- 38 She ZF,et al.Application of *Artemisia ordosica* Kraschen.root extract in the preparation of anti-rheumatoid arthritis drugs(黑沙蒿根提取物在制备抗类风湿关节炎药物中的应用):CN202310288447.2[P].2023-06-09.
- 39 Niu YX,et al.Mechanism of dicaffeoylquinic acid against allergic rhinitis based on experimental screening and network pharmacology[J].Chin J Mod Appl Pharm(中国现代应用药学),2021,38:2070-2078.
- 40 Guo S,et al.Effects of *Artemisia ordosica* aqueous extract on intestinal inflammation and antioxidant-related gene expression in lipopolysaccharide-challenged broilers[J].J Anim Feed Sci,2023,33:47-55.
- 41 Sun GY,et al.Cyber-pharmacological study of *Artemisia ordosica* Kraschen.in the treatment of allergic rhinitis[J].J Inner Mongolia Med Univ(内蒙古医科大学学报),2021,43:356-360.

- 42 Wang JL.Effects of *Artemisia ordosica* polysaccharide on growth performance,intestinal index and meat quality of broilers[D]. Hohhot:Inner Mongolia Agricultural University(内蒙古农业大学),2019.
- 43 Bi C,et al.Acacetin protects mice from *Staphylococcus aureus* bloodstream infection by inhibiting the activity of sortase A[J].Molecules,2016,21:1285.
- 44 Liu JL,et al.Establishment of fingerprint of alcohol extract from *Artemisia ordosica* Kraschen. and analysis of spectral relationship based on bacteriostatic effect[J/OL].Feed Ind(饲料工业),1-11[2024-05-07].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/21.1169.S.20240221.1454.004.html>.
- 45 Yu ZT,et al.Preliminary fungistasis screening of 34 plants extracts[J].J Northwest A&F Univ:Nat Sci(西北农林科技大学学报:自科版),2012,40:72-76.
- 46 Pollution-free Pesticide Research and Service Centre of Yangling Agricultural Science University.*Artemisia ordosica* Kraschen.fungicide and its preparation method(黑沙蒿杀菌剂及其制备方法):CN201110142565.X[P].2011-12-07.
- 47 Guo YF,et al.Effects of *Artemisia ordosica* ethanol extract on growth performance,immune indexes and related gene expression in broilers[J].Chin J Vet Sci(中国兽医学报),2022,42:1703-1712.
- 48 Wu Q,et al.Effects of acacetin on proliferation,apoptosis and migration of hepatocellular carcinoma HepG2 cells and its mechanism[J].Tianjin Med J(天津医药),2023,51:235-239.
- 49 Dong JW.Studies on the antitumor immune effects of flavonoid glycosides through downregulation of immune checkpoints[D].Beijing:Peking Union Medical College(北京协和医学院),2022.
- 50 Chen LJ,et al.Exploring the protective mechanism of quercetin in colon cancer model rats by regulating IL-6 based on the JAK/STAT signaling pathway[J].Chin J Gerontol(中国老年学杂志),2024,44:646-650.
- 51 Xiao Y,et al.Screening of PPAR- γ agonist active ingredient of flavonoids from *Artemisia ordosica* by molecular docking technology[J].China Pharm(中国药房),2018,29:58-62.
- 52 Liu JT,et al.Effect of *Artemisia annua* water extract on rumen fermentation function of dairy cows in vitro[J].Feed Res(饲料研究),2023,46:7-11.
- 53 Li S,et al.Effects of *Artemisia ordosica* crude polysaccharide on antioxidant and immunity response,nutrient digestibility,rumen fermentation,and microbiota in cashmere goats[J].Animal,2023,13,3575.
- 54 Li Y,et al.Experimental study on the effect of tarragon oil emulsion on peptic ulcer and gastritis[J].Shaanxi Med J(陕西医学杂志),2006,35:1521.
- 55 Huang Y,et al.Hypoglycemic effect of *Artemisia sphaerocephala* Krasch. seed polysaccharide in alloxan-induced diabetic rats[J].Swiss Med Wkly,2006,3334:529-532.

- 56 Zhu YR,et al.Hypoglycemic activity in vitro of *Artemisia sphaerocephala* polysaccharide and its derivatives[J].J Gansu Agri Univ(甘肃农业大学学报),2011,46:140.
- 57 Liu CR.Test of biological activities and isolation of effective components for *Artemisia ordosica* Krasch. against *Mythimna separata*(Walker)[D].Lanzhou:Gansu Agricultural University(甘肃农业大学),2007.
- 58 Borjigidai A,et al.Investigation and application of *Artemisia* plant resources for Chinese medicine and mongolian medicine in inner mongolia[J].Liaoning J Tradit Chin Med(辽宁中医杂志),2013,40:770-774.
- 59 Zhang JL,et al.Response of functional characters of *Artemisia ordosica* at different ages to drought in Mu Us Sandy Land[J].J Desert Res(中国沙漠),2024,44:90-98.
- 60 Zheng XR,et al.Simulated soil erosion stress effect on physiological and growth characteristics of *Artemisia ordosica* at coal mining subsidence areas[J].Arid Zone Res(干旱区研究),2023,40:1806-1814.
- 61 Inner Mongolia Xinchuang Environmental Technology Co..A method for remediating soils contaminated with heavy metals in cold and dry areas with *Artemisia ordosica* Kraschen.(一种利用黑沙蒿修复寒旱区重金属污染土壤的方法):CN201711272507.2[P].2018-05-29.
- 62 Shi LL,et al.Biological activities of *Artemisia ordosica* and its extract and their application in animal production[J].Chin J Anim Nutr(动物营养学报),2022,34:2764-2772.
- 63 Xing YY,et al.Effects of *Artemisia ordosica* polysaccharide on growth performance and antioxidant function of rats[J].Chin J Anim Nutr(动物营养学报),2019,31:4701-4709.
- 64 Liu Y,et al.Effect of *Artemisia annua* extract on growth performance and serum biochemical parameters in meat rabbits[J].China Feed(中国饲料),2023,20:50-53.
- 65 Xing YY,et al.Water extract of *Artemisia ordosica* enhances antioxidant capability and immune response without affecting growth performance in weanling piglets[J].J Anim Physiol Anim Nutr,2019,103:1848-1856.
- 66 Wu L.Effects of *Artemisia ordosica* crude flavonoids on growth performance,intestinal index and meat quality of broilers[D].Hohhot:Inner Mongolia Agricultural University(内蒙古农业大学),2023.
- 67 Yan JF,et al.Effect of dietary supplementation of *Artemisia annua* on meat quality of cashmere goats[J].Feed Res(饲料研究),2023,46:1-4.
- 68 Meng FZ.Study on the effect of water extract of *Artemisia ordosica* on milk performance and milk fatty acid composition of lactating donkeys and it's mechanism[D].Hohhot:Inner Mongolia Agricultural University(内蒙古农业大学),2022.
- 69 Inner Mongolia Academy of Agricultural & Animal Husbandry Sciences.An *Artemisia ordosica* Krasch. feed additive and its preparation method(一种黑沙蒿饲料添加剂及其制备方法

法):CN201010601267.8[P].2011-04-27.

70 Lan ZH.A kind of plasters against rheumatic pains prepared by *Artemisia ordosica* Krasch.(一种黑沙蒿活络伤湿止痛膏):CN200510119694.1[P].2006-08-09.

收稿日期: 2024-07-01 接受日期: xxxx-xx-xx

基金项目: 国家自然科学基金地区基金项目(82260822); 内蒙古自治区自然科学基金面上项目(2022MS08034); 鄂尔多斯市重点研发计划项目(YF20232312); 鄂尔多斯应用技术学院自然科学类项目(KYYB2023007)

*通信作者 Tel: 0471-6575741; E-mail: honghailong1979@imut.edu.cn, michael-bin@163.com