

野桐属植物的化学成分及药理活性研究进展

张高荣^{1,2,3}, 陈兰燕^{1,3}, 李俊^{1,2*}, 赖红芳^{1,3*}

¹河池学院化学与生物工程学院 广西蚕桑生态学与智能化技术应用重点实验室 广西现代蚕桑丝绸协同创新中心, 河池 546300;

²广西师范大学化学与药学院 省部共建药用资源化学与药物分子工程国家重点实验室, 桂林 541004;

³河池学院化学与生物工程学院 微生物及植物资源开发利用广西高校重点实验室, 河池 546300

摘要:野桐属 (*Mallotus* Lour.) 植物属于大戟科, 全球约有 140 种, 主要分布在热带和亚热带地区。我国野桐属植物资源丰富, 该属植物在我国分布有 36 种。该属中的多种植物常用作传统药物使用, 研究表明其含有多种化学成分, 主要包括萜类、甾体类、黄酮类、香豆素类、酚类、苯并吡喃类及其他类, 具有抗菌、抗炎、抗癌、抗氧化、保肝、抗抑郁、抗虫及保护神经等多种药理活性。本研究对近 10 年来的野桐属植物的化学成分及药理活性研究进行综述, 以期野桐属植物资源的进一步开发利用提供理论依据。

关键词:野桐属; 化学成分; 药理活性; 抗菌; 抗癌; 抗抑郁

中图分类号: R284; R285

文献标识码: A

文章编号: 1001-6880(2024)12-2159-21

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2024.12.016

Research progress on chemical constituents and pharmacological activities of plants from *Mallotus* Lour.

ZHANG Gao-rong^{1,2,3}, CHEN Lan-yan^{1,3}, LI Jun^{1,2*}, LAI Hong-fang^{1,3*}

¹Guangxi Key Laboratory of Sericulture Ecology and Applied Intelligent Technology, Guangxi Collaborative Innovation Center of Modern Sericulture and Silk, School of Chemistry and Bioengineering, Hechi University, Hechi 546300, China;

²State Key Laboratory for the Chemistry and Molecular Engineering of Medicinal Resources, School of Chemistry and Pharmaceutical Sciences, Guangxi Normal University, Guilin 541004, China; ³Guangxi Colleges Universities Key Laboratory of Exploitation and Utilization of Microbial and Botanical Resources, School of Chemistry and Bioengineering, Hechi University, Hechi 546300, China

Abstract: *Mallotus* Lour., belonging to Euphorbia family, consists about 140 species in the world and mainly distributes in tropical and subtropical regions. The resources of plants from *Mallotus* Lour. are very rich in China, 36 species of which can be found in southern and south-west China. The application of *Mallotus* species in traditional Chinese medicine has a long history. Phytochemical investigations have shown that the plants from *Mallotus* Lour. contain a variety of chemical components, mainly including terpenoids, steroids, flavonoids, coumarins, phenols, benzopyranes and other classes, which have antibacterial, anti-inflammatory, anticancer, antioxidant, hepatoprotective, anti-depression, anti-insect, nerve protection and other pharmacological activities. The new development of constituents and pharmacological activities of *Mallotus* Lour. in the past ten years were reviewed and summarized for providing a theoretical basis for the further development and utilization of the resources of *Mallotus* Lour.

Key words: *Mallotus* Lour.; chemical constituent; pharmacological activities; anti-inflammation; anti-cancer; antibacterial

野桐属 (*Mallotus* Lour.) 植物属于大戟科, 全球

约有 140 种, 主要分布在热带和亚热带地区。我国野桐属植物资源丰富, 据《中国植物志》记录, 该属植物在我国分布有 36 种, 其中有 11 种变种, 主要分布在南方各省区^[1]。很多野桐属植物作为民间常用民族药, 用于治疗多种疾病。《中华本草》记载, 野梧桐主治胃、十二指肠溃疡, 肝炎, 血尿带下, 疮疡, 外伤出血, 胃脘痛, 气郁不舒, 暖气等^[2];《全国

收稿日期: 2023-10-19 接受日期: 2024-02-21

基金项目: 国家自然科学基金 (32060097); 广西高校中青年教师科研基础能力提升项目 (2022KY0611); 河池学院高层次人才项目 (2021GCC018); 广西大学生创新创业计划 (20231060543)

* 通信作者 Tel: 86-773-5803907; E-mail: lijun9593@gxnu.edu.cn, laihongfang263@163.com

中草药汇编》记载,白背叶根可治疗慢性肝炎等疾病,叶可用于消炎止血等^[2];《南宁市药物志》记述,白楸主治淋浊、胃痛、口疮、痔疮等疾病^[2];《浙江药用植物志》记载,粗糠柴根能去热利湿,被用于治疗痢疾,咽喉肿痛和外伤出血等^[2];《浙江天目山药植志》记载,石岩枫治毒蛇咬伤、风湿痹痛、慢性溃疡^[2]。《印度药用植物术语表》记载,粗糠柴是阿育吠陀医学体系中重要的药用植物^[3]。鉴于野桐属植物的重要药用价值,该属植物受到国内外学者的广泛关注。目前,国内外学者从该属植物中得到的化学成分结构类型丰富多样,主要包括萜类、黄酮类、酚类、苯并吡喃酮类、香豆素类、生物碱及其他类化合物,这些化合物具有抗菌、抗炎、抗肿瘤、抗氧化、抗病毒、保肝、抗抑郁、抗惊厥等药理活性,因此该属植物具有较好的应用开发前景。

文献调研发现,目前对该属植物进行系统性研究的综述论文仅有1篇,且年代相对久远^[2]。近年来,研究学者对野桐属植物的成分及其活性研究取得了很大的进展,且未见对该属植物的总结报道。为方便更多的研究学者查阅该属植物的文献资料及开展相关研究,本文就近10年来对野桐属植物的研究动态及成果进行综述,以期为野桐属植物的研究和开发提供理论依据。

1 化学成分

2013年以来,国内外研究学者从野桐属植物分离得到了很多化合物,据文献统计约有242个,这些化合物主要包括萜类(1~73)、黄酮类(74~121)、酚类(122~172)、甾体(173~192)、苯并吡喃酮类

(193~207)、香豆素类(208~223)及其他类化合物(224~242)。

1.1 萜类化合物

萜类化合物是分子骨架以异戊二烯基为基本结构单元的化合物,是天然产物的主要活性成分之一,也是天然产物中数量最多的一类化合物,其结构种类多,生物活性独特,因此萜类物质也一直是研究的热点。该类物质具有抗炎、抗菌、抗肿瘤等作用。萜类化合物是野桐属植物的主要化学成分,其中二萜及三萜类物质是野桐属植物的主要活性成分。近10年来,研究学者从野桐属植物中分离得到萜及其苷类物质73个,其中单萜、倍半萜类物质21个(1~21),二萜及其苷类物质17个(22~38),三萜及其苷类物质35个(39~73)。在这些萜类化合物中,ent-labdane型二萜(22~29,36)、ent-kaurene型二萜(35,37,38)、ent-rosane型二萜(30~31,33,34)以及具有6/6/6/6/6或6/6/6/6/5骨架的五环三萜是该属植物的特征和指标性成分,含量也相对较高^[2,8]。化合物信息及其植物来源见表1,化学结构见图1。

1.2 黄酮类化合物

黄酮类化合物在中草药及植物中广泛存在,主要以2-苯基色原酮为基本骨架,具有多种生物活性,如抗菌、抗炎、抗病毒、抗肿瘤。该类化合物是野桐属植物的活性成分。近10年来,学者从野桐属植物中分离得到黄酮类化合物48个(74~121),主要包括黄酮、黄酮醇、二氢黄酮、查尔酮等。具体化合物信息及其植物来源见表2,化学结构见图2。

表1 野桐属植物中萜类化合物

Table 1 Terpenoids from genus *Mallotus* Lour.

序号 No.	化合物 Compound	植物来源 Plant source	文献 Ref.
1	(+)-Dehydrovomifoliol	A	4
2	5S-Grasshopper ketone	A	4
3	(+)-3S-Hydroxy- β -ionone	A	4
4	(3R,6R)-3-Hydroxy-4,7-megastigmadien-9-one	A	4
5	甲基脱落酸 Methyl abscisic acid	A	4
6	去氢催吐萝芙木叶醇 Dihydrovomifoliol	B	5
7	催吐萝芙木叶醇 Vomifoliol	B	5
8	Curdionolide A	B	5
9	Paeoveitol B	B	5
10	地芫普内酯 Lolilide	C	6
11	α -Muurolol	D	7

续表 1 (Continued Tab. 1)

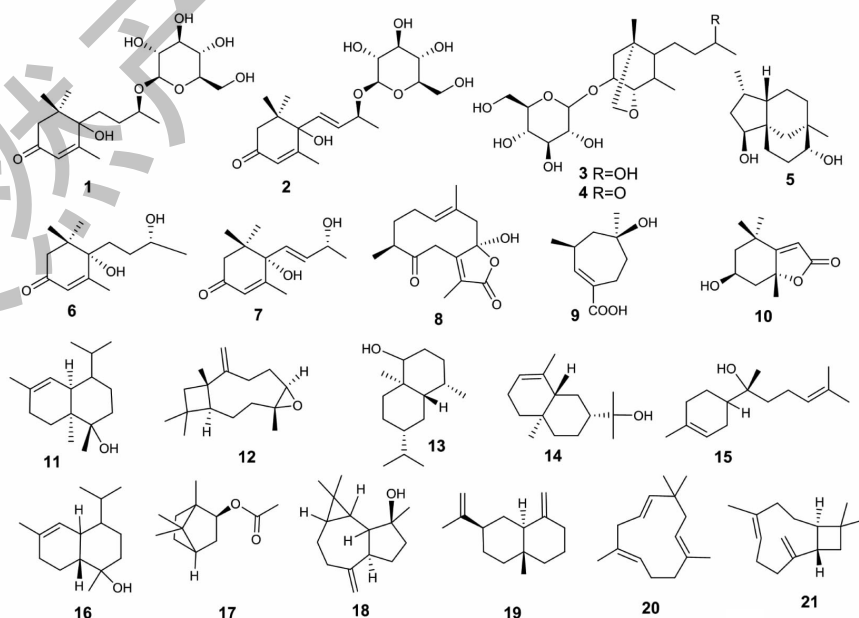
序号 No.	化合物 Compound	植物来源 Plant source	文献 Ref.
12	石竹素 Caryophyllene oxide	D	7
13	β -桉叶醇 β -Eudesmol	D	7
14	α -桉叶醇 α -Eudesmol	D	7
15	红没药醇 α -Bisabolol	D	7
16	α -毕澄茄醇 α -Cadinol	D	7
17	乙酸龙脑酯 Bornyl acetate	D	7
18	桉油烯醇 Spathulenol	D	7
19	β -瑟林烯 β -Selinene	D	7
20	α -律草烯 α -Humulene	D	7
21	β -石竹烯 β -Caryophyllene	D	7
22	Mallonicusins A	E	8
23	Mallonicusins B	E	8
24	Mallonicusins C	E	8
25	Mallonicusins D	E	8
26	Mallonicusins E	E	8
27	Mallonicusins F	E	8
28	Mallonicusins G	E	8
29	Mallonicusins H	E	8
30	Malloconspur A	B	5
31	Malloconspur B	B	5
32	Malloconspur C	B	5
33	17-Hydroxycycleistantha-12,15-dien-3-one	B	5
34	2-Oxo-5-fagonene	B	5
35	<i>ent</i> -3 <i>S</i> ,16 <i>S</i> ,17-Trihydroxy-kauran-2-one	B	5
36	Mallonicusin B	B	5
37	Anomaluone	E	9
38	16-Epiabbeokutone	E	9
39	蒲公英赛醇 Taraxerol	F	10,11
40	蒲公英赛酮 Taraxerone	F	10,11
41	3,4- <i>Seco</i> -taraxer-14-en-3-oic acid	F	10,11
42	羽扇豆醇 Lupeol	G	12
43	7,11-Diketo-lanost-3-ol	H	13
44	Lanosta-8-ene-3 β -ol	H	13
45	马烯醇酮 Pregnenolone	H	13
46	齐墩果酸 Oleanolic acid	H	13
47	异蒲公英赛醇 Epitaraxerol	I	14
48	Mallomacrostin A	C	6
49	Mallomacrostin B	C	6
50	Mallomacrostin C	C	6
51	Supinenolone 2f	C	6
52	木栓酮 Friedelin	C	6
53	表木栓醇 Epifriedelanol	C	6

续表 1 (Continued Tab. 1)

序号 No.	化合物 Compound	植物来源 Plant source	文献 Ref.
54	木栓醇 Friedelanol	C	6
55	Foliasalacin D2	C	6
56	Foliasalacin D3	C	6
57	Cycloarta-23E,25-dien-3 β -ol	C	6
58	熊果酸 Ursolic acid	B、C	5,6,15
59	3 β -Acetoxy-28-hydroxy-12-oleanene-3-one	C	6
60	12-Oleanene-3,11-dione	C	6
61	3-O-acetylaleuritic acid	C	6
62	3 β ,28-Dihydroxyoleana-11,13(18) diene	B	5
63	高根二醇 Erythriol	B	5
64	3-乙酰基高根二醇 3-O-Acetylerythriol	B	5
65	乙酰基油酮酸 Acetyl aleuritic acid	B、D	5,15,16
66	木栓烷 Friedelane	B	5
67	α -香树脂醇乙酸酯 α -Amyrin acetate	B、D	5,15,16
68	30-羟基-羽扇豆-20(29)烯-3-酮 30-Hydroxylup-20(29)-en-3-one	B	5
69	3-羟基-羽扇豆-20(29)烯-30-酮 3-Hydroxy-lup-20(29)-en-30-al	B	5
70	30-Hydroxylup-20(29)-ene-3 β -caffeate	B	5
71	3 β -Lup-20(29)-ene-3,30-diol	B	5
72	Lup-20(29)-en-3 β ,30-diol	D	16
73	30-Hydroxylup-20(29)-en-aon	D	16

注: A. 长叶野桐; B. 桂野桐; C. 大穗野桐; D. 毛桐; E. 野梧桐; F. 毛桐; G. 对叶野桐; H. 粗糠柴; J. 鹧鸪茶; K. 白楸; L. 白背叶; N. 红叶野桐 (表 2 ~ 7 同)

A. *M. esquirolii*; B. *M. conspurcatus*; C. *M. macrostachyus*; D. *M. barbatus*; E. *M. japonicas*; F. *M. barbatus*; G. *M. oppositifolius*; H. *M. philippensis*; I. *M. mollissimus*; J. *M. oblongifolius*; K. *M. paniculatus*; L. *M. apelta*; M. *M. plicatus*; N. *M. paxii*; O. *M. tetracoccus*; P. *M. mollissimus* (the same as tables 2-7).



续图 1 (Continued Fig.1)

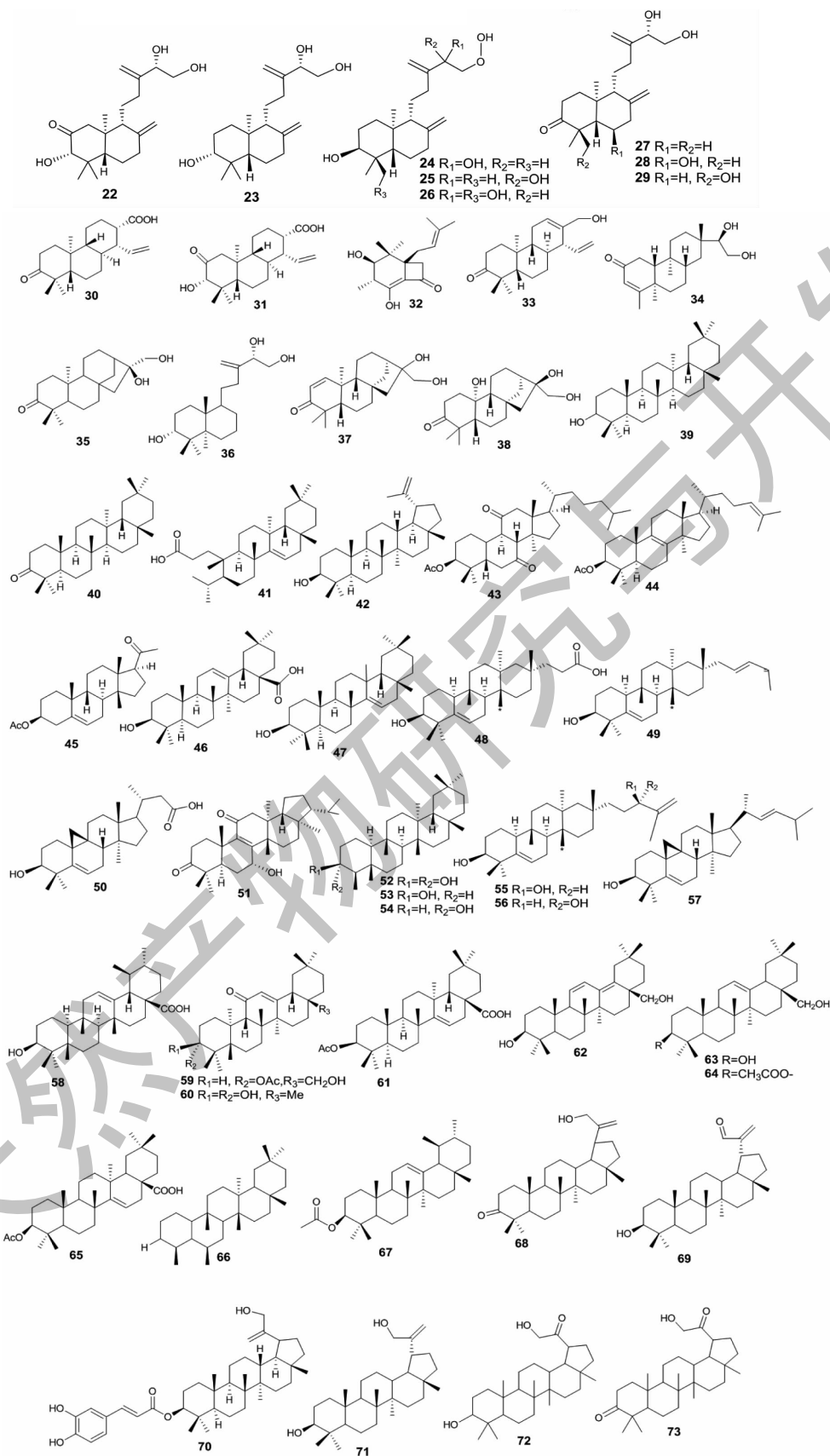


图1 野桐属植物中的萜类化合物结构

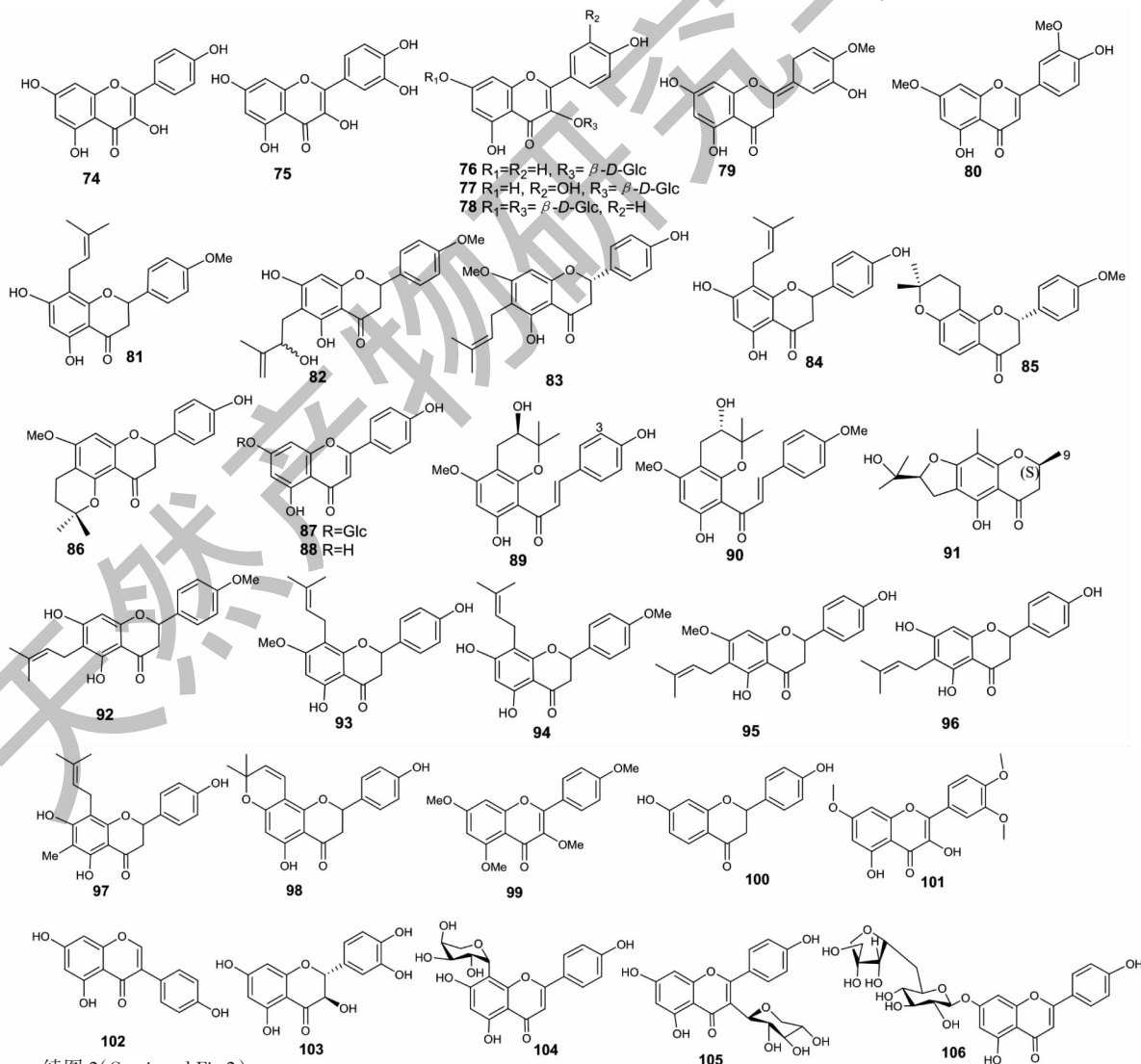
Fig. 1 Structures of terpenoids from genus *Mallotus* Lour.

表2 野桐属植物中的黄酮类化合物
Table 2 Flavonoids from genus *Mallotus* Lour.

序号 No.	化合物 Compound	植物来源 Plant source	文献 Ref.
74	山奈酚 Kaempferol	F, K	10, 11, 17
75	槲皮素 Quercetin	F, K	10, 11, 17
76	山奈酚-3- <i>O</i> - β -D-吡喃葡萄糖苷 Kaempferol-3- <i>O</i> - β -D-glucopyranoside	F	10, 11
77	槲皮素-3- <i>O</i> - β -D-吡喃葡萄糖苷 Quercetin-3- <i>O</i> - β -D-glucopyranoside	F	10, 11
78	山奈酚-3,7-二- <i>O</i> - β -D-吡喃葡萄糖苷 Kaempferol 3,7-di- <i>O</i> - β -D-glucopyranoside	F	10, 11
79	橙皮素 Hesperetin	K	17
80	7,3'- <i>O</i> -二甲基本犀草素 7,3'- <i>O</i> -Dimethyluteolin	K	17
81	(2 <i>S</i>)-5,7-Dihydroxy-4'-methoxy-8-(3'',3''-dimethylallyl) flavanone	I	14
82	(2'' <i>S</i> /2'' <i>R</i>)-(2 <i>S</i>)-5,7-Dihydroxy-4'-methoxy-6-(2''-hydroxy-3''-Methylbut-3''-enyl) flavanone	I	14
83	(2 <i>S</i>)-5,4'-Dihydroxy-7-methoxy-6-(3'',3''-dimethylallyl) flavanone	I	14
84	8-异戊烯基柚皮素 8-Prenylnaringenin	I	5, 14, 18-20
85	(<i>S</i>)-2-(4-Methoxyphenyl)-8,8-dimethyl-2,3,9,10-tetrahydro-4 <i>H</i> ,8 <i>H</i> -pyrano[2,3- <i>f</i>]chromen-4-one	I	14
86	8-(4-Hydroxyphenyl)-5-methoxy-2,2-dimethyl-3,4,8,9-tetrahydro-2 <i>H</i> ,10 <i>H</i> -Pyrano[2,3- <i>f</i>]chromen-10-one	I	14
87	芹菜素-7- <i>O</i> - β -D-吡喃葡萄糖苷 Apigenin-7- <i>O</i> - β -D-glucopyranoside	I	14
88	芹菜素 Apigenin	B, I	5, 14, 18-20
89	Malloconspur D	B	5, 18-20
90	Malloconspur E	B	5, 18-20
91	Malloconspur F	B	5, 18-20
92	4'-甲氧基-6-异戊烯基柚皮素 4'-Methoxy-6-prenylnaringenin	B	5, 18-20
93	7-甲氧基-8-异戊烯基柚皮素 7-Methoxy-8-prenylnaringenin	B	5, 18-20
94	4'-甲氧基-8-异戊烯基柚皮素 4'-Methoxy-8-prenylflavanone	B	5, 18-20
95	7-甲氧基-6-异戊烯基柚皮素 7-Methoxy-6-prenylnaringenin	B	5, 18-20
96	6-异戊烯基柚皮素 6-Prenylnaringenin	B	5, 18-20
97	7-甲基-8-异戊烯基柚皮素 7-Methnal-8-prenylflavanone	B	5, 18-20
98	香橞双氢黄酮 Citflavanone	B	5, 18-20
99	3,5,7,4'-四甲氧基黄酮 3,5,7,4'-Tetramethoxyflavone	B	5, 18-20
100	4',7-二羟基二氢黄酮 4',7-Dihydroxyflavanone	B	5, 18-20
101	7,3',4'-三甲基槲皮素 7,3',4'-Trimethylquercetin	B	5, 18-20
102	染料木质素 Genistein	B	5, 18-20
103	儿茶素 Catechin	B, E	5, 9, 18-20
104	芹菜素-8- <i>C</i> - α - <i>L</i> -阿拉伯吡喃糖苷 Apigenin-8- <i>C</i> - α - <i>L</i> -arabinopyranoside	B	5, 18-20
105	山奈酚-3- <i>O</i> - α - <i>L</i> -鼠李糖苷 Kaempferol-3- <i>O</i> - α - <i>L</i> -rhamnoside	B	5, 18-20
106	芹菜素-7- <i>O</i> - β -D-芹糖-(1 \rightarrow 6)- <i>O</i> - β -D-吡喃葡萄糖苷 Apigenin-7- <i>O</i> - β -D-apiose(1 \rightarrow 6)- <i>O</i> - β -D-glucopyranoside	B	5, 18-20
107	Paxilion C	B	5, 18-20
108	Mallopenin D	H	21
109	Mallopenin E	H	21
110	粗糠柴毒素 Rottlerin	H	13, 21
111	4'-羟基粗糠柴毒素 4'-Hydroxyrottlerin	H	13, 21

续表 2 (Continued Tab. 2)

序号 No.	化合物 Compound	植物来源 Plant source	文献 Ref.
112	异粗糠柴毒素 Isorottlerin	H	21
113	4'-羟基异粗糠柴毒素 4'-Hydroxyisorottlerin	H	13,21
114	Isoallorottlerin	H	21
115	Mallotophilippen F	H	21
116	(-)-倍儿茶酸 Gallocatechin	E	9
117	Malloflavoside	L	22
118	芹菜素- <i>C</i> - β - <i>D</i> -吡喃木糖基-8- <i>C</i> - α - <i>L</i> -吡喃阿拉伯糖苷 Apigenin-6- <i>C</i> - β - <i>D</i> -xylopyranosyl-8- <i>C</i> - α - <i>L</i> -arabinopyranoside	L	22
119	芹菜素- <i>C</i> - β - <i>D</i> -吡喃葡萄糖基-8- <i>C</i> - α - <i>L</i> -吡喃阿拉伯糖苷 Apigenin-6- <i>C</i> - β - <i>D</i> -glucopyranosyl-8- <i>C</i> - α - <i>L</i> -arabinopyranoside	L	22
120	芹菜素-7- <i>O</i> - β - <i>D</i> -呋喃芦糖-(1 \rightarrow 2)- β - <i>D</i> -吡喃葡萄糖苷 Apigenin-7- <i>O</i> - β - <i>D</i> -apiofuranosyl-(1 \rightarrow 2)- β - <i>D</i> -glucopyranoside	L	22
121	山柰酚-3- <i>O</i> -洋槐糖苷 Kaempferol-3- <i>O</i> -robinobioside	J	23



续图 2 (Continued Fig. 2)

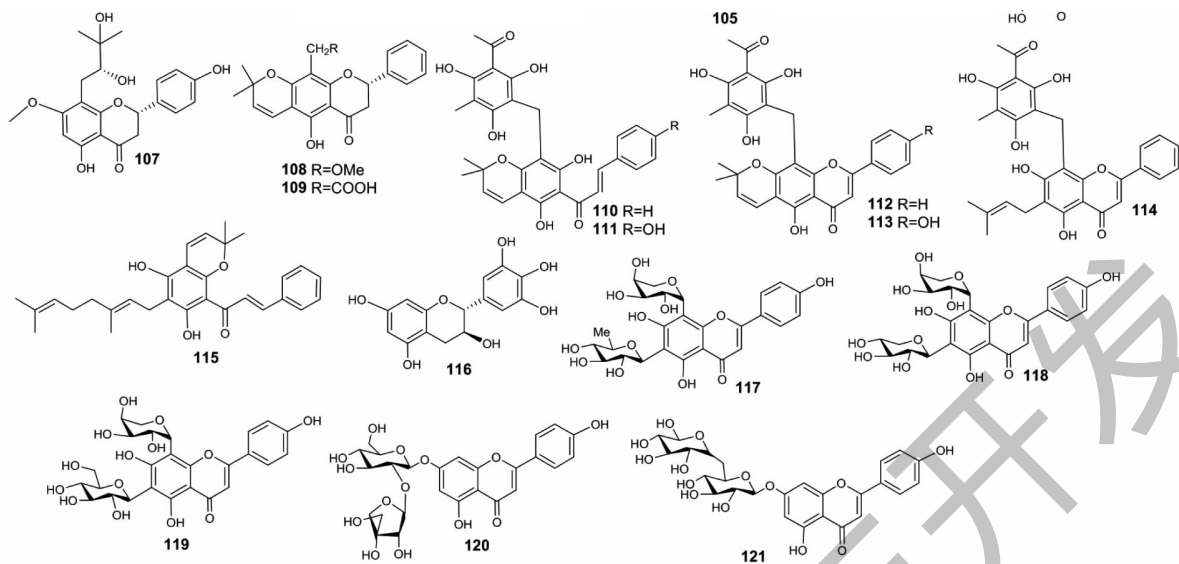


图 2 野桐属植物中的黄酮类化合物结构

Fig. 2 Structures of flavonoids from genus *Mallotus* Lour.

1.3 酚类化合物

酚类化合物在野桐属植物中也较为常见,主要以苯酚为骨架的衍生物。目前,研究学者从野桐属植物中分离得到酚类化合物 51 个(122 ~ 172),主

要类型包括简单酚酸、间苯三酚类衍生物、酚酸的二聚体及其衍生物结构。粗糠柴毒素是野桐属植物粗糠柴的标志性和活性成分^[3]。具体化合物信息及其植物来源见表 3,化学结构见图 3。

表 3 野桐属植物中酚类化合物

Table 3 Phenols from genus *Mallotus* Lour.

序号 No.	化合物名称 Compound	植物来源 Plant source	文献 Ref.
122	Mallotojaponin B	G	24
123	Mallotojaponin C	G	24
124	Mallotophenone	G	24
125	Matsonianone A	G	24
126	没食子酸甲酯 Methyl gallate	F	10
127	没食子酸 Gallic acid	B、F、H	10, 13, 15
128	原儿茶酸 Protocatechuic acid	F、C	6, 10
129	Bergenin-8-O- α -L-rhamnoside	M	25
130	Seco-bergenin-8-O- α -L-rhamnoside	M	25
131	(-)-丁香树脂酚 Syringaresinol	K	17
132	Methylene-bis-aspidinol A	G	12
133	Methylene-bis-aspidinol B	G	12
134	Mallopposinol	G	12
135	绵马素 Aspidinol B	G	12
136	岩白菜素 Bergenin	E	9, 12
137	莽草酸 Shikimic acid	H、B	13, 15
138	Kamalachalcone E	H、B	13, 15

续表 3 (Continued Tab. 3)

序号 No.	化合物名称 Compound	植物来源 Plant source	文献 Ref.
139	Ethyl (<i>E</i>)-3-(4-methoxyphenyl) acrylate	B	26
140	4-羟基肉桂酸甲酯 Methyl 4-hydroxycinnamate	B	26
141	对羟基苯甲酸 <i>p</i> -Hydroxybenzoic acid	B	26
142	香草酸 3-Methoxy-4-hydroxybenzoic acid	B	26
143	3,4-二羟基苯甲酸 3,4-Dihydroxybenzoic acid	B,N	20,26
144	阿魏酸 Ferulic acid	B	26
145	丁香酸 Syringic acid	B,C	6,26
146	丁香酸乙酯 Syringic acid ethyl ester	B	26
147	没食子酸乙酯 Ethyl gallate	B	26
148	对羟基苯甲醛 4-Hydroxybenzaldehyde	C	6
149	4-Hydroxyacetphenon	C	6
150	4-(4-Hydroxyphenyl)-2-butanone	C	6
151	丁香醛 Syringaldehyde	C	6
152	对羟基苯丙酸 3-(4-Hydroxyphenyl) propanoic acid	C	6
153	3-羟基-4-甲氧基肉桂酸 3-Hydroxy-4-methoxycinnamic acid	C	6
154	对羟基肉桂酸 4-Hydroxy cinnamic acid	C	6
155	2,6-二甲氧基-4-硝基苯酚 2,6-Dimethoxy-4-nitrophenol	C	6
156	Ozoroalide	C	6
157	3,3'- <i>O</i> -二甲基鞣花酸 3,3'-Di- <i>O</i> -methylellagic acid	C	6
158	Acronyculatin S	G	27
159	Acronyculatin T	G	27
160	Acronyculatin U	G	27
161	Mallotojaponin D	G	27
162	Mallotojaponin C	G	27
163	Mallotojaponin B	G	27
164	2,6-Dihydroxy-3-methyl-4-methoxyacetophenone	G	27
165	蜂蜜曲菌素 Mellein	G	27
166	2-羟基-阿魏酸 2-Hydroxy ferulic acid	E	9
167	Erythro-1-[4-[2-hydroxy-2-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-1-(hydroxymethyl) ethoxy]-3,5-dimethoxyphenyl]-1,2,3-propane triol	E	9
168	Acantrifoside E	L	22
169	3,4-二羟基苯甲酸甲酯 Methyl 3,4-dihydroxybenzoate	B	15
170	反式-4-甲氧基肉桂酸 (<i>E</i>)-3-(4-Methoxyphenyl) acrylic acid	B	15
171	3-(4-Hydroxyphenyl) acrylate	N	20
172	Mallophenol	J	28

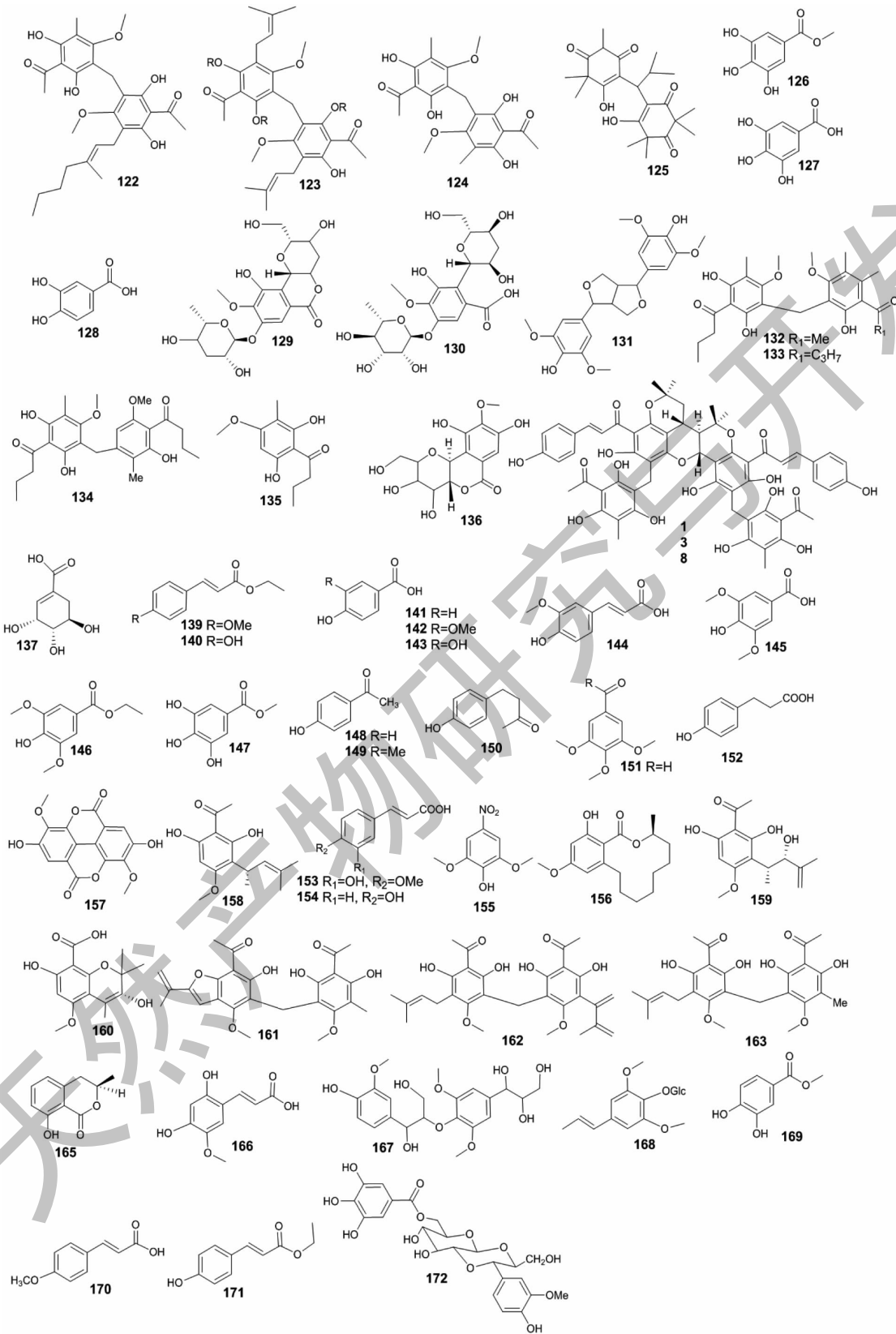


图3 野桐属植物中的酚类化合物结构

Fig. 3 Structures of phenols from genus *Mallotus* Lour.

1.4 甾体类化合物

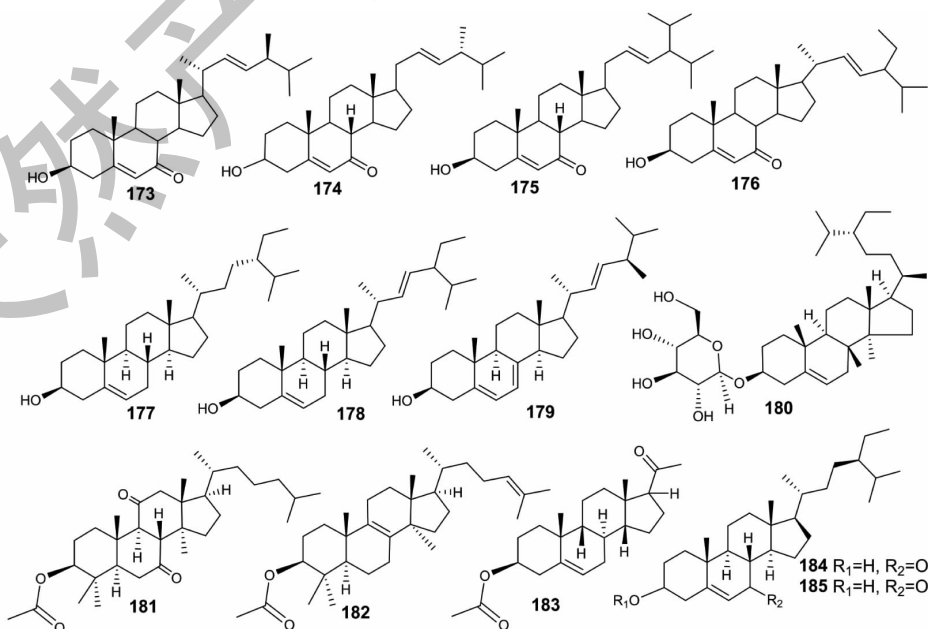
目前研究学者从野桐属植物中分离得到的植物甾醇类化合物 20 个(173 ~ 192), 主要为植物甾醇

类,也是野桐属植物中的主要的活性成分之一。具体化合物信息及其植物来源见表 4, 化学结构见图 4。

表 4 野桐属植物中的甾体类化合物

Table 4 Sterides from the genus *Mallotus* Lour.

序号 No.	化合物 Compound	植物来源 Plant source	文献 Ref.
173	(24 <i>R</i>)-3 β -Hydroxystigmast-5-en-7-one	K	29
174	22 <i>E</i> ,24 <i>S</i> -3 β -Hydroxy-24-methylcholesta-5,22-dien-7-one	K	29
175	Polasterol A	K	29
176	(24 <i>R</i>)-3 β -Hydroxystigmast-5,22-dien-7-one	K	29
177	β -谷甾醇 β -Sitosterol	B, K, F	5, 10, 29
178	豆甾醇 Stigmasterol	B, K, G	5, 15, 12, 29
179	麦角甾醇 Ergosterol	K	29
180	胡萝卜苷 Daucosterol	F, K	12, 29
181	7,11-Diketo-lanost-3-ol	H	13
182	Lanosta-8-ene-3 β -ol	H	13
183	孕烯醇酮 Pregnenolone	H	13
184	7 β -Hydroperoxysitosterol	C	6
185	7-酮基- β -谷甾醇 7-Oxo- β -sitosterol	C	6
186	豆甾-4-烯-3-酮 Stigmast-4-en-3-one	C	6
187	(24 <i>R</i>)-24-Enthyl-hydroperoxy-cholest-4-en-3-one	C	6
188	24 <i>R</i> -5 α -豆甾烷-3,6-二酮 (24 <i>R</i>)-5 α -Stigmastane-3,6-dione	B	5
189	6 β -羟基-豆甾-4-烯-3-酮 Stigmast-4-en-6 β -ol-3-one	B	5
190	豆甾-5-烯-3 β -醇-7-酮 3 β -Hydroxy-ethylcholest-5-en-7-one	B	5
191	4-豆甾-4-烯-3-酮 4-Stigmast-4-en-3-one	B	5
192	豆甾-3-酮 Stigmast-3-one	B	5



续图 4(Continued Fig.4)

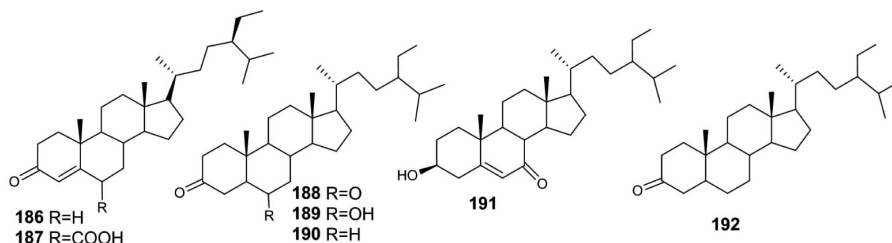


图4 野桐属植物中的甾体类化合物结构

Fig. 4 Structures of sterides from genus *Mallotus* Lour.

1.5 苯并吡喃酮类化合物

苯并吡喃酮类化合物的母核结构通过苯环与吡喃酮环骈合在一起形成。目前,研究学者从野桐属植物中分离得到该类化合物及其衍生物 15 个(193~207)。该类化合物在野桐属植物毛桐、粗糠柴、白背叶中常见^[10,11,21,29,30]。具体化合物信息及其植物来源见表 5,化学结构见图 5。

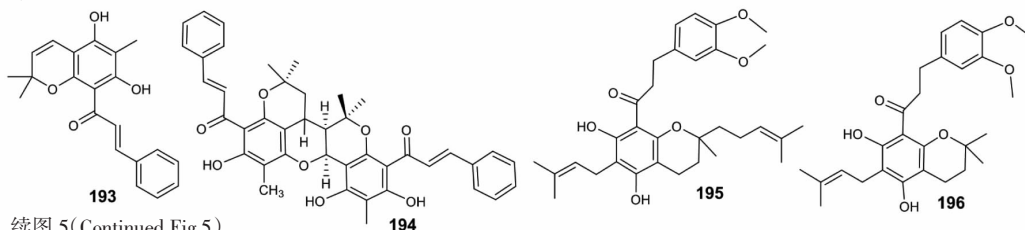
1.6 香豆素类化合物

目前,研究学者从野桐属植物中分离得到香豆素类化合物 16 个(208~223)。香豆素主要以苯骈 α -吡喃酮为母核结构,具有多种生物活性,如抗病毒、抗肿瘤、抗凝血等作用。该类化合物在野桐属植物桂野桐、毛桐、对叶野桐中常见^[5,6,15,16,21]。具体化合物信息及其植物来源见表 6,化学结构见图 6。

表5 野桐属植物中的苯并吡喃酮类化合物

Table 5 Benzopyrone from genus *Mallotus* Lour.

序号 No.	化合物 Compound	植物来源 Plant source	文献 Ref.
193	8-Cinnamoyl-5,7-dihydroxy-2,2,6-trimethylchromene	F	10,11
194	Kamalachalcone A	F	10,11
195	Mallotoate A	H	30
196	Mallotoate B	H	30
197	Mallopinin A	H	21
198	Mallopinin B	H	21
199	Mallopinin C	H	21
200	Malloapelta C	L	31
201	Malloapelta D	L	31
202	Malloapelta E	L	31
203	Malloapelta F	L	31
204	Malloapelta G	L	31
205	Malloapelta H	L	31
206	(<i>E</i>)-1-(5,7-Dimethoxy-2,2-dimethyl-2 <i>H</i> -chromen-8-yl) but-2-en-1-one	L	31
207	Paxiione D	N	19



续图 5(Continued Fig.5)

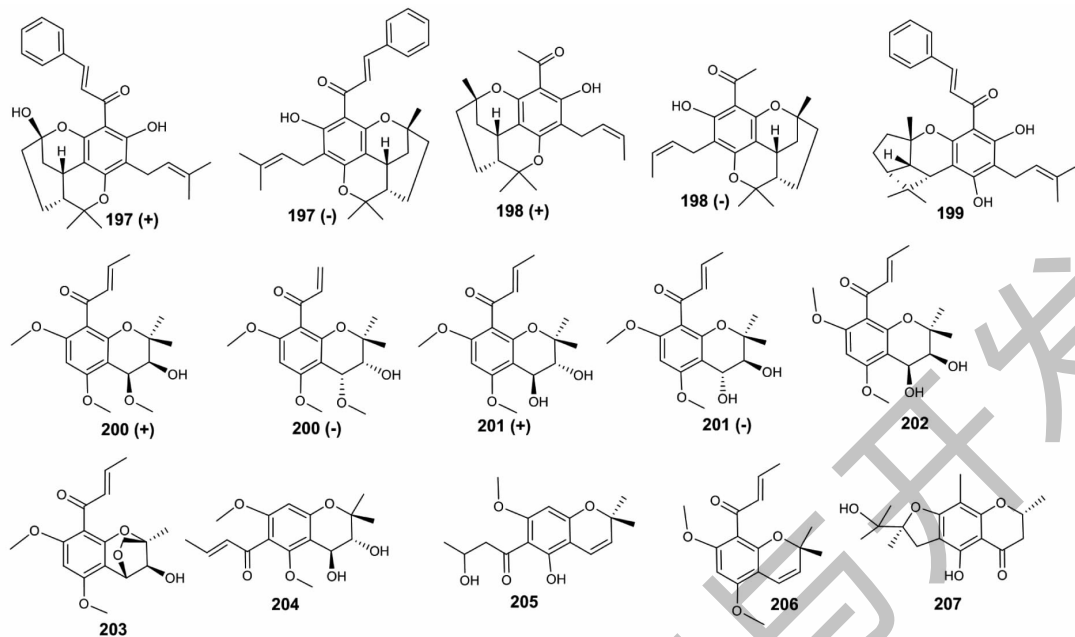


图5 野桐属植物中的苯并吡喃酮类化合物结构

Fig. 5 Structures of benzopyrone from genus *Mallotus* Lour.

表6 野桐属植物中的香豆素类化合物

Table 6 Coumarins from genus *Mallotus* Lour.

序号 No.	化合物 Compound	植物来源 Plant source	文献 Ref.
208	Malloapelin A	B	5
209	5'-去甲氧基沉香木质素 5'-Demethyl aquillochin	B	5
210	沉香木质素 Aquillochin	B	5
211	黄花菜木脂素 B Cleomiscosin B	B	5
212	6-羟基-7-甲氧基-香豆素 6-Hydroxy-7-methoxy-coumarin	B, F	5, 15, 16
213	7-羟基-6,8-二甲氧基香豆素 Isofraxidin	B, F	5, 15, 16
214	8-羟基-6,7-二甲氧基香豆素 Fraxidin	B	5
215	银桦内酯 Grevillone	B	5
216	秦皮素 Fraxetin	B	5
217	布拉易林 Braylin	B	5
218	(7R)-7-羟基-8,8-二甲基-2H,6H,7H,8H-吡喃并[3,2-g]色烯-2-酮 Aegelinol	B	5
219	佛手内酯 Bergapten	B	5
220	Secopoletin	C, G	6, 27
221	5-甲氧基香豆素 5-Methoxycoumarin	B, F	15, 16
222	8-羟基-7-甲氧基香豆素 8-Hydroxy-7-methoxycoumarin	B, F	15, 16
223	1,5-二羟基-3-甲氧基-7-甲基蒽醌 1,5-Dihydroxy-3-methoxy-7-methyl-anthraquinone	B	5

1.7 其他类化合物

目前,研究学者发现从野桐属植物中分离得到

的其他类型的化合物 19 个(224 ~ 242),包括蒽醌类、脂肪酸类、植物醇类及其他类简单化合物。具体

化合物信息及其植物来源见表7,化学结构见图7。

2 药理活性

野桐属植物的资源丰富,多种植物常作为传统

中药使用。现代药理研究表明,野桐属植物及其提取物具有抗炎、抗菌、抗癌、抗氧化、保肝、抗抑郁、杀虫及保护神经及其他药理活性。

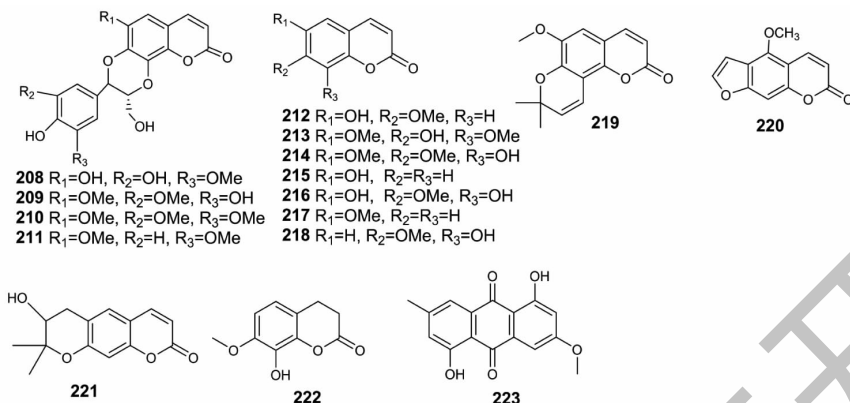


图6 野桐属植物中的香豆素类化合物结构

Fig. 6 Structures of coumarins from the genus *Mallotus* Lour.

表7 野桐属植物中的其他类化合物

Table 7 Other compounds from genus *Mallotus* Lour.

序号 No.	化合物 Compound	植物来源 Plant source	文献 Ref.
224	棕榈酸 Palmitic acid	F	10
225	十五烷酸 Pentadecanoic acid	F	10
226	硬脂酸 Stearic acid	F, H	16, 32
227	油酸 Oleic acid	H	32
228	亚油酸 Linoleic acid	H	32
229	亚麻酸 Linolenic acid	H	32
230	花生油烯酸 Eicosenoic acid	H	32
231	植物醇 Phytol	G	12
232	角鲨烯 Squalene	G	12
233	Pinelllic acid	B	5
234	Hexadecanoic acid 2,3-dihydroxy-propyl este	B	5
235	十八酸乙酯 Ethyl stearate	O	33
236	糠醛 Furfural	O	33
237	吡喃-4-酮 4H-Pyran-4-one	O	33
238	硫氰酸 Thiocyanic acid	O	33
239	苯甲醛 Benzaldehyde	F	16
240	1,1'-氧双代(2,4-二叔丁苯) 1,1'-Oxybis(2,4-di-tert-butylbenzene)	F	16
241	2,2'-氧双代(1,4-二叔丁苯) 2,2'-Oxybis(1,4-di-tert-butylbenzene)	F	16
242	1-O-二十二烷酰基甘油 1-O-Docosanoyl glycerol	P	14

2.1 抗炎活性

现代药理学研究表明野桐属植物中起到抗炎活

性的主要成分为二萜、三萜和黄酮类物质,其作用机制为抑制炎症介质的产生、NO 释放、肿瘤坏死因子

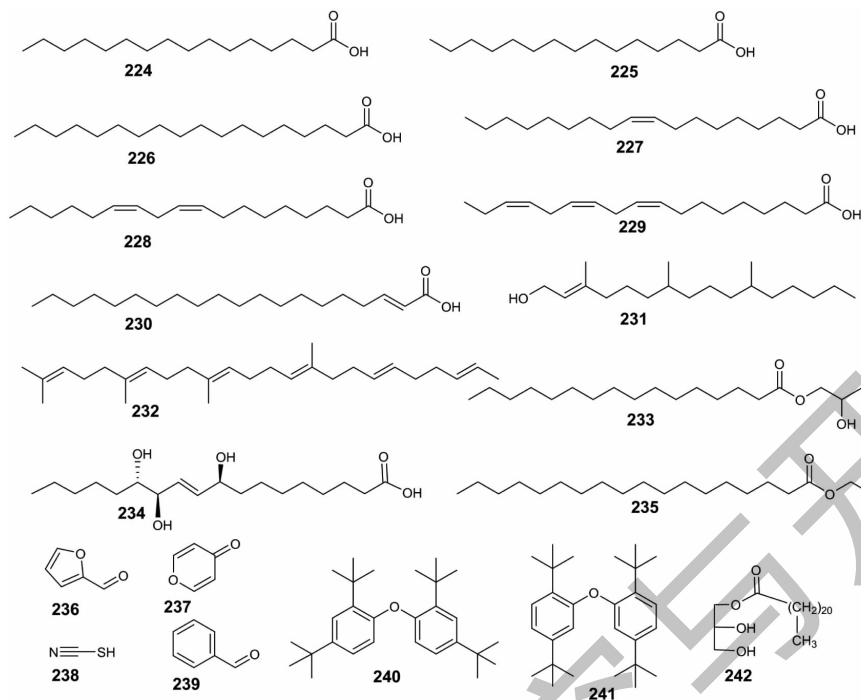


图7 野桐属植物中其他类化合物结构

Fig. 7 Structures of other compounds from genus *Mallotus* Lour.

(TNF- α)和前列腺素 2 (PGE2) 表达及调控 NF- κ B 信号通路间接抑制相关蛋白的表达来实现抗炎活性的。本课题组 Zhang^[5] 利用脂多糖(LPS)诱导的小鼠巨噬细胞 RAW 264.7 模型,通过 ELISA 法和 Griess 法检测从桂野桐中分离所得的化合物对细胞上清液中 NO、TNF- α 和 PGE2 的含量影响。结果表明桂野桐中的二萜和异戊二烯基黄酮能够抑制 NO 的释放和 TNF- α 和 PGE2 的表达,机制研究表明活性化合物通过抑制细胞的 NF- κ B 信号通路而产生抗炎活性。另外,构效关系研究发现异戊烯基黄酮的抗炎活性与其母核结构 A 环和 B 环的取代基有关。Gao 等^[6] 研究发现从大穗野桐中分离得到的三萜类化合物 mallomacrostin B (49) 和 ursolic acid (58) 具有显著的抑制 LPS 诱导的 RAW 264.7 细胞释放 NO 的活性,其 IC₅₀ 值分别为 IC₅₀ μ mol/L 和 14.0 μ mol/L。本课题组 Nie 等^[16] 结果表明从毛桐茎得到的黄酮类化合物槲皮素 (75)、山柰酚 (74) 和 3,5,7,4'-四甲氧基黄酮 (99) 对 LPS 诱导的巨噬细胞 RAW 264.7 的 NO 释放具有较好的抑制作用,其中山柰酚 (74) 显示出最好的抗炎活性,对应的半抑制浓度 (IC₅₀) 值为 21.62 μ mol/L。Nwaehujor^[34] 研究发现 *M. oppositifolius* 提取物具有一定的抗炎活性,且呈剂量依赖性。Hasan^[35] 采用醋酸扭体法、二

甲苯致耳水肿法、棉球致肉芽肿法和尾浸没法评价石岩枫叶甲醇提取物的镇痛和抗炎活性,结果表明石岩枫叶甲醇提取物对四种经典疼痛模型表现显著的镇痛和抗炎活性,机制可能是通过抑制中枢和外周神经来介导。Sagun^[36] 研究发现 *M. roxburghianus* 甲醇提取物具有较强的清除 DPPH、ABTS、NO、H₂O₂ 和 OH 自由基能力以及抗脂质过氧化、抗炎和较强的还原能力,且呈剂量依赖性。Kimura^[37] 采用右旋糖酐硫酸钠诱导的 C57 BL/6J 小鼠溃疡性结肠炎模型发现野梧桐提取物能够降低小鼠结肠白介素 1 β (IL-1 β)、TNF- α 和单核细胞趋化蛋白-1 (MCP-1) 的表达水平,对小鼠结肠炎有治疗作用。

2.2 抗癌活性

现代药理学研究表明野桐属植物中起到抗癌活性的主要成分为二萜、三萜、黄酮类、酚类物质、苯并吡喃酮和香豆素类,其作用机制主要通过影响细胞周期抑制细胞增殖、侵袭和诱导细胞凋亡或裂解实现抗肿瘤活性。Harinantenaina^[24] 研究表明从 *M. oppositifolius* 中分离得到的化合物 mallotojaponin B (122)、mallotojaponin C (123) 和 mallotophenone (124) 均能显著抑制人卵巢癌细胞 A2780 的增殖,其 IC₅₀ 值分别为 1.10 \pm 0.05、1.3 \pm 0.1 和 6.3 \pm 0.4 μ mol/L。Jain^[38] 研究表明糠柴毒素 (110) 结构

修饰产物 mallotus B 能够抑制癌细胞 MIAPaCa-2 和 HL-60 的增殖,它们的 IC_{50} 值分别为 9 和 16 $\mu\text{mol/L}$; 机制研究表明 mallotus B 对癌细胞 HL-60 的抑制作用主要是诱导细胞周期阻滞在 G1 期,从而阻滞细胞分裂。Ramalakshmi^[33] 研究发现 *M. tetracoccus* 皮提取物具有细胞毒活性,其致死中浓度 (LC_{50}) 值为 84.72 $\mu\text{g/mL}$ 。本课题组 Zhang^[18] 研究表明从桂野桐中分离的化合物 8-异戊烯基柚皮素 (84)、4'-甲氧基-6-异戊烯基柚皮素 (92)、7-甲氧基-8-异戊烯基柚皮素 (93)、7-甲氧基-6-异戊烯基柚皮素 (95) 和 6-异戊烯基柚皮素 (96) 对 HeLa 细胞具有一定的抑制活性,其 IC_{50} 值在 10.08 ~ 60.16 $\mu\text{mol/L}$ 之间; 6-异戊烯基柚皮素 (96) 和 4'-甲氧基-6-异戊烯基柚皮素 (92) 能够抑制 *c-myc* 基因表达和端粒酶活性,从而引起线粒体功能障碍。Kiem^[31] 研究显示从白背叶中分离得到的化合物 malloapelta C (200)、malloapelta D (201)、malloapelta E (202)、malloapelta F (203) 和 malloapelta G (204) 对卵巢癌细胞 TOV-21G 具有抑制作用,其 IC_{50} 值在 0.06 ~ 10.39 $\mu\text{mol/L}$ 之间。机制研究表明 malloapelta D (201) 通过激活 Caspase-8、Caspase-9 和聚腺苷二磷酸核糖聚合酶,升高 Bak 和 Bax 的表达,降低 Bcl-xL 蛋白的表达,从而诱导细胞凋亡; 同时, malloapelta D 抗癌活性还与调节 NF- κ B 信号通路相关。本课题组 Zhang^[19] 研究发现从红叶野桐中分离所得的化合物 paxiione C (107) 和 paxiione D (207) 对 KB、MCF7 和 HepG2 这三种肿瘤细胞具有一定的细胞毒活性,它们的 IC_{50} 值在 8.62 ~ 48.21 $\mu\text{mol/L}$ 之间。Lee^[9] 研究表明从野梧桐中分离得到的 anomaluone (37) 和 16-epiabbeokutone (38) 具有显著细胞毒活性,抑制血癌细胞 (Jurkat 细胞) 的增殖。机制研究表明化合物 anomaluone (37) 能够增加凋亡细胞的数量,导致细胞周期阻滞在 G0/G1 期,减少了 S 期和 G2/M 期的细胞数量,明显引起线粒体的去极化效应。Zheng^[39] 研究表明粗糠柴毒素 (110) 抑制前列腺癌细胞的生长、迁移和侵袭,可诱导细胞凋亡,其作用机制为粗糠柴毒素通过抑制前列腺癌细胞中 EZH2 的表达来发挥抗肿瘤作用。

2.3 抗菌活性

现代研究药理学活性显示野桐属植物的提取物、酚类衍生物和黄酮类物质对分枝杆菌、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、绿农杆菌等具有不同程度的抑制作用。Bharadwaj^[13] 研究发现从粗糠柴中分离得

到的酚类化合物 4-羟基异粗糠柴毒素 (111) 和粗糠柴毒素 (110) 能显著抑制分枝杆菌 H37Ra 的活性,它们的 IC_{50} 值分别为 $0.89 \pm 0.33 \mu\text{g/mL}$ 和 $7.59 \pm 0.42 \mu\text{g/mL}$ 。Afzal^[30] 研究显示从粗糠柴中分离得到的化合物 mallotoate A (195) 和 mallotoate B (196) 能显著抑制枝孢芽枝菌的生长。Tchangou^[27] 研究表明从 *M. oppositifolius* 中分离得到的化合物 acronyculatin S (158)、acronyculatin T (159) 和 mallotojaponin B (163) 对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、伤寒葡萄球菌和绿脓杆菌有抑制作用,其最低抑菌浓度 (MIC) 值在 3.125 ~ 50 $\mu\text{g/mL}$ 之间。Cheenpracha^[21] 研究显示从粗糠柴中分离到的化合物粗糠柴毒素 (110) 和 4-羟基粗糠柴毒素 (111) 对黄体芽孢杆菌、变形链球菌、蜡样芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌和大肠杆菌具有显著的抑制作用,其 MIC 值范围在 3.8 ~ 15.5 $\mu\text{mol/L}$ 之间。本课题组 Chen^[20] 研究显示从红叶野桐中分离得到黄酮类化合物 6-异戊烯基柚皮素 (96) 和 8-异戊烯基柚皮素 (84) 对巨大芽孢杆菌和白色念珠菌有抑制活性,其 MIC 值均为 12.5 $\mu\text{g/mL}$ 。Zintchem^[40] 研究发现 *M. oppositifolium* 叶的水提取物、正己烷提取物和甲醇提取物均对志贺氏痢疾杆菌 A2 和伤寒沙门菌都有抑制作用,且呈浓度依赖性,其 MIC 值范围分别为 0.25 ~ 1.00、0.20 ~ 0.50 和 1.00 ~ 3.00 $\mu\text{g/mL}$,最低杀菌浓度值范围分别为 1.00 ~ 5.00、0.50 ~ 1.00 和 3.00 ~ 10.00 $\mu\text{g/mL}$ 。

2.4 抗氧化作用

野桐属多种植物的提取物具有清除 DPPH 自由基能力,具有抗氧化作用^[2]。Afzal^[30] 研究发现从粗糠柴中分离得到的化合物 mallotoate A (195) 和 mallotoate B (196) 具有一定的抗氧化能力。Zintchem^[41] 研究显示 *M. oppositifolium* 提取物具有显著的清除 DPPH 自由基能力、铁还原抗氧化能力、还原能力、清除羟自由基能力、清除一氧化氮能力,表明 *M. oppositifolium* 叶提取物具有显著的抗氧化能力。Gangwar^[42] 研究显示粗糠柴实果腺毛提取物能够显著清除 DPPH 和 ABTS 自由基,具有显著的抗氧化活性。Roy^[43] 研究显示 *M. roxburghianus* 提取物 (3 000 mg/kg) 对糖尿病引起的睾丸氧化损伤有保护作用,其机制是通过下调丙二醛水平,减少精小管结构退化和破坏,恢复抗氧化酶和血清睾酮水平,提高增殖细胞核抗原活性,从而减轻睾丸损伤。Chhiber^[44] 研究表明粗糠柴毒素能降低 Wistar 大鼠

NADPH 氧化酶活性,防止线粒体功能障碍,维持抗氧化环境,还可以改善高血氧大鼠的肾功能、组织完整性和减少尿晶体负荷。

2.5 抗虫活性

Harinantenaina^[24] 研究表明从 *M. oppositifolius* 中分离得到的 mallotojaponin B (**122**) 及 mallotojaponin C (**123**) 对氯喹耐药恶性疟原虫有较强的抗疟活性,其 IC₅₀ 值分别为 0.75 和 0.14 μmol/L。Gangwar^[45] 研究显示粗糠柴果腺毛提取物对细粒棘球蚴的具有抑制活性,在给药浓度为 10、20 μg/mL 的条件下处理 60 min,粒棘球蚴的死亡率分别为 97% 和 99%;在 20 μg/mL 条件下处理 10 min,粒棘球蚴的死亡率达到 93%。Kabran^[12] 研究显示从 *M. oppositifolius* 中分离得到的 mallopposinol (**134**) 和 aspidinol B (**135**) 有抑制利什曼虫的活性,其半最大效应浓度 (EC₅₀) 分别为 21.3 和 38.8 μmol/L, methylene-bis-aspidinol A (**132**) 和 B (**133**) 具有显著杀锥虫活性,其致死浓度 (LC₁₀₀) 值为 0.8 μmol/L。Kalarickal^[46] 研究表明粗糠柴提取物能够显著杀死指形腹腔丝虫,其最小浓度为 1.56 μg/mL。

2.6 保肝作用

Yoshikawa^[47] 研究发现山苦茶提取物 (MF) 能抑制乙醇和 CCl₄ 诱导的肝硬化大鼠血浆中的丙氨酸转氨酶和天冬氨酸转氨酶活性,维持细胞内谷胱甘肽水平,抑制肝脏中 I 型胶原蛋白和 α-平滑肌肌动蛋白 (α-SMA) 表达水平。另外,经 MF 处理后,大鼠的活性氧水平被抑制, I 型胶原蛋白和 α-SMA 表达均下降,其作用机制可能是 MF 通过 cAMP-PKA 途径抑制乙醇活化的造血干细胞中 NADPH 氧化酶活性的升高,从而起到保肝作用的。Zhang^[48] 研究表明白背叶总黄酮能够减轻 CCl₄ 诱导的大鼠肝纤维化,其作用机制可能是通过减少细胞外基质积累,调节 TIMP-1/MMPs 平衡,提高机体抗氧化能力,调节 TGF-β1/Smad 信号通路以及 NF-κB 依赖性炎症反应而达到保肝作用。Mondal^[49] 研究显示石岩枫茎乙酸乙酯提取物 (ESMR) 降低肝毒性大鼠的肝酶水平以及胆红素、谷氨酰转肽酶和丙二醛水平,改善组织结构,使其恢复正常。同时,ESMR 能够清除 DPPH 自由基、NO、H₂O₂ 和 OH 自由基。Muthuramu^[50] 研究表明粗糠柴果实提取物具有良好的保护肝脏的作用。Lin^[51] 研究表明山苦茶提取物减轻高脂饮食诱导的非酒精性脂肪肝大鼠的肝损伤,降低肝脏脂质含量,降低炎症水平,显著改善肠道菌的整体

结构和被破坏的肠道微生物的组成,改变了大鼠的脂质和蛋白质代谢水平,从而起到保肝作用。

2.7 抗抑郁、抗癫痫作用

Kukuia^[52] 研究表明 *M. oppositifolius* 提取物具有抗抑郁作用,增加小鼠的总行走距离,逆转抑郁状态引起的认知损伤。Kukuia^[53] 研究显示 *M. oppositifolius* 提取物 (MOE) 能够显著降低抑郁攻击行为。同时,MOE 治疗组对行为的影响与阳性对照组氟西汀和色氨酸相当,但效果比氟西汀和色氨酸更快。MOE 治疗组还显著增加前额皮质 5-羟色胺浓度和树突棘密度。综上表明 MOE 可能在减少攻击性和抑郁行为方面具有显著作用,其机制可能与 MOE 通过增加前额皮质的 5-羟色胺浓度和树突棘密度来降低小鼠抑郁相关的攻击行为。Manville^[54] 研究表明 *M. oppositifolius* 提取物中的粗糠紫毒素具有显著的抗癫痫作用,其作用机制是通过激活 KCNQ2/3 通路的从而影响电压门控通道电流的改变达到抗癫痫作用。

2.8 保护神经作用

Li^[55] 研究发现山苦茶提取物能够提高小鼠的运动能力、神经感觉能力、平衡能力和抓握能力,改善神经元的形态,抵抗神经元的丢失,提高大脑皮层和亚颗粒带域的巢蛋白含量。山苦茶提取物能够有效激活 Wnt/β-catenin 信号通路,促进神经干细胞的增殖,提高 β-catenin 和 CyclinD1 蛋白表达水平,从而起到改善缺血性神经损伤的作用。Hwang^[56] 研究表明糠柴毒素 (**110**) 可以抑制大鼠晚期和产后神经元凋亡,并减轻记忆障碍,其机制是通过上调 p-ERK 通路的表达来促进神经发生和抑制正在进行的凋亡过程。

2.9 促进伤口愈合

Furumoto^[57] 研究表明粗糠柴皮提取物能够促进小鼠伤口愈合,其机制是通过激活增强骨髓间充质干细胞向伤口的动员和归巢,增强骨髓间充质干细胞的迁移从而促进伤口愈合。Bodas^[58] 采用计算机技术分析发现粗糠柴毒素 (**110**) 具有显著的促进伤口愈合倾向的能力,其作用靶点 (通路) 主要有 IL-6、IL-1β、GSK3、NF-κB、TGF1-β 和 MMP9。

2.10 其他作用

野桐属植物药用历史悠久,除了上述总结的药理活性外,该属植物的药效物质或提取物还具有其他作用。Ramalakshmi^[32] 研究发现 *M. tetracoccus* 皮的提取物对种子萌发及种子根长具有抑制作用。

Huang^[28]研究表明从山苦茶中分离得到的 mallophenol(172)具有显著的抑制皮脂腺活性。Nwaehujor^[59]研究表明 *M. oppositifolius* 提取物能够降低四氧嘧啶诱导的糖尿病大鼠血糖水平。Chan^[60]研究显示从粗糠柴中分离得到的糠柴毒素(110)能够阻止小鼠免疫球蛋白 E(IgE)介导的皮肤血管外渗、低温、血浆组胺水平升高和气管组织肥大细胞脱颗粒,抑制卵清蛋白诱导的豚鼠支气管平滑肌收缩,从而预防小鼠的被动皮肤过敏反应和被动全身免疫反应,其作用机制可能是通过抑制 PLC γ 1 和 Akt 通路活性,降低 IP3 的水平和细胞内 Ca²⁺ 的浓度来达到预防作用的。Khan^[61]研究显示粗糠柴正己烷萃取物具有较强的细胞毒活性,给药治疗 48 h 后,能够诱导 18% 的细胞凋亡从而抑制 HL-60 细胞的生长。Taira^[62]研究表明野梧桐叶提取物可以使小鼠 B16F1 黑色素瘤产生的黑色素含量降低约 40%。Chen^[63]研究发现山苦茶多糖类物质 MFP-2A 能抑制 α -葡萄糖苷酶的活性,具有显著的清除自由基能力。Yu^[64]研究表明粗糠柴毒素对 LPS 所致的小鼠心肌细胞损伤有保护作用,其机制主要是通过上调 miR-204-5p 表达,进而抑制 HMGB1 的表达发挥作用。Yu^[65]研究发现 *M. oblongifolius* 多酚(MOP)具有预防乙醇诱导的急性胃黏膜损伤作用,其作用机制可能是 MOP 可能通过改善氧化应激、抑制 p38/ERK/JNK 信号通路和激活 Nrf2 通路表达而发挥作用的。Li^[66]研究表明鹧鸪茶提取物有抑制 α -葡萄糖苷酶和 α -淀粉酶的活性,提高 3T3-L1 前脂肪细胞葡萄糖消耗能力。Kim^[67]研究显示从野梧桐中分离得到的糠柴毒素(110)显著降低脂质积累,调节白色脂肪细胞的新生脂肪形成和脂肪生成,其机制为糠柴毒素(110)以剂量依赖性的方式调控了与新生脂肪形成(SREBP1C、ACCG1、FAS 和 SCD1)和脂肪形成(PPAR γ 和 C/EBP α)相关的关键信使 RNA 和蛋白质的表达($P < 0.05$),降低 AKT/mTOR 通路活性($P < 0.05$)来降低 LRP6 总蛋白及改变营养传感 mTOR 途径之间的因果关系发挥作用的。Nakano^[68]研究显示山苦茶提取物具有抗肥胖作用,其机制为制肥胖小鼠体重和脂肪组织重量的增加,改善肝脏和脂肪组织的形态学,抑制转录因子的表达 C/EBP α 、C/EBP β 和 PPAR γ ,从而抑制了三酰基甘油合成。

3 结语与展望

野桐属植物全球约有 140 种,资源丰富,该属多

种植物常作为传统药物使用,药用历史悠久,在提供高价值化合物的来源方面具有巨大潜力。现代研究表明该属植物含有多种活性成分,包括萜类、甾体类、黄酮类、香豆素类、酚类、苯并吡喃酮类及其他类,这些成分具有抗菌、抗炎、抗癌、抗氧化、保肝、抗抑郁、抗虫及保护神经等多种药理活性。目前,国内外对该属植物的研究越来越多,在一定程度上也拓展了该属植物的物质基础及药理活性,为该属植物的研究开发提供了理论基础。

但是,目前对于该属植物的研究主要集中在粗提物及生物活性,对其中的药效成分的研究还不够系统和深入。另外,野桐属植物的萜类、黄酮类、苯并吡喃酮类及酚类化合物在抗炎、抗癌等方面具有显示了良好的活性,有望成为多靶点、多机制的抗炎、抗肿瘤候选药物,但目前对其的研究也相对较少。因此,未来还需要深入系统地研究野桐属植物的药效物质基础、构效关系及其作用机制,寻找针对特定疾病有治疗作用的先导化合物,开展临床研究验证和阐明其机制和疗效,促进野桐属植物的创新药物开发。

参考文献

- 1 The Editorial Committee of Flora of China. Flora of China(中国植物志), Beijing: Science Press, 1996: 44.
- 2 Chen DL, et al. Research progress on chemical constituents of plants from *Mallotus* Lour. and their pharmacological activities[J]. Chin Tradit Herb Drugs(中草药), 2014, 45: 2248-2264.
- 3 Chan TK, et al. Anti-allergic actions of rottlerin from *Mallotus philippinensis* in experimental mast cell-mediated anaphylactic models[J]. Phytomedicine, 2013, 20: 853-860.
- 4 Zhan GQ. Study on chemical constituents and bioactives of *Zephyranthes candida*, *Zephyranthes carinata* and *Mallotus esquirolii*[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology(华中科技大学), 2017.
- 5 Zhang YJ. Constituents of *Mallotus conspurcatus* Croizat and *Isodon ternifolius*(D. Don) Kudô and their anti-inflammatory activities[D]. Guilin: Guangxi Normal University(广西师范大学), 2019.
- 6 Gao HM. Characterization and bioactivity of natural products from *Mallotus macrostachyus* and *Hypericum forrestii*[D]. Jinan: Shandong University(山东大学), 2020.
- 7 Salleh WMNH, et al. Chemical composition of *Mallotus barbatus* essential oil[J]. Chem Nat Compd, 2023, 59: 576-577.

- 8 Li DZ, et al. Ent-labdane diterpenes from the stems of *Mallotus japonicus*[J]. J Nat Prod, 2013, 76:1580-1589.
- 9 Lee JE, et al. An antiproliferative ent-kaurane diterpene isolated from the roots of *Mallotus japonicus* induced apoptosis in Leukemic cells [J]. Nat Prod Commun, 2020, 15: 1934578X1989749.
- 10 Giang PM, et al. Phytochemical studies on *Mallotus barbatus* [J]. Chem Nat Compd, 2013, 49:129-130.
- 11 Giang PM, et al. The first occurrence of a mallotus 3,4-secotaraxerane triterpenoid from *Mallotus barbatus* [J]. Rec Nat Prod, 2013, 7:157-160.
- 12 Kabran FA, et al. Bioactive phloroglucinols from *Mallotus oppositifolius*[J]. Fitoterapia, 2015, 107:100-104.
- 13 Bharadwaj R, et al. Rottlerin derivatives and other compounds from *Mallotus philippinensis* fruits and their potential antimycobacterial activity[J]. Planta Med Lett, 2015, 2:e28-e30.
- 14 Phan MG, et al. (2S)-Prenylflavanones and taraxerane triterpenoids from *Mallotus mollissimus*[J]. Biochem Syst Ecol, 2017, 73:22-25.
- 15 Wu LD. The constituents of ethyl acetate extraction of 75% EtOH extract from the leaves of *Mallotus conspurcatus*[D]. Guilin:Guangxi Normal University(广西师范大学), 2016.
- 16 Nie H. The constituents and anti-inflammatory activity of ethyl acetate part of 75% EtOH extract from the stem of *Mallotus barbatus*[D]. Guilin:Guangxi Normal University(广西师范大学), 2017.
- 17 Zhu CL, et al. Chemical constituents of *Mallotus paniculatus* [J]. J Chin Med Mater(中草药), 2014, 37:1385-1387.
- 18 Zhang YJ, et al. Cytotoxic activity and related mechanisms of the prenylflavonoids isolated from *Mallotus conspurcatus* Croizat[J]. Chem Biodivers, 2019, 16:e1800465.
- 19 Zhang YJ, et al. Paxiflones A-D, four new flavonoids from the stem of *Mallotus paxii* Pamp[J]. Phytochem Lett, 2020, 37: 70-74.
- 20 Chen HC. The constituents and antibacterial activity of ethyl acetate fraction of 75% EtOH extract from the stem of *Mallotus paxii*[D]. Guilin:Guangxi Normal University(广西师范大学), 2019.
- 21 Cheenpracha S, et al. Mallopenins A-E, antibacterial phenolic derivatives from the fruits of *Mallotus philippensis*[J]. J Nat Prod, 2019, 82:2174-2180.
- 22 Anh NH, et al. Three new chromanes and one new flavone C-glycoside from *Mallotus apelta*[J]. J Asian Nat Prod Res, 2023, 25:18-26.
- 23 Chen DL, et al. Chemical constituents from *Mallotus furetianus*[J]. Chin Tradit Herb Drugs(中草药), 2017, 48:4851-4855.
- 24 Harinantenaina L, et al. Antiproliferative and antiplasmodial dimeric phloroglucinols from *Mallotus oppositifolius* from the Madagascar Dry Forest[J]. J Nat Prod, 2013, 76:388-393.
- 25 Likhitwitayawuid K, et al. New gallic acid glycosides from *Mallotus plicatus*[J]. Heterocycles, 2014, 89:1237-1244.
- 26 Zhang YJ, et al. Chemical constituents of *Mallotus conspurcatus*[J]. Chin Tradit Herb Drugs(中草药), 2017, 48:2172-2176.
- 27 Tehangoue YAN, et al. Antibacterial phloroglucinols derivatives from the leaves of *Mallotus oppositifolius* (Geisler) Müll. Arg. (Euphorbiaceae) [J]. Fitoterapia, 2020, 142, 104527.
- 28 Huang XD, et al. Anti-steatosis compounds from leaves of *Mallotus furetianus*[J]. Nat Prod Res, 2018, 32:1459-1462.
- 29 Wang WJ, et al. Steroids from *Mallotus paniculatus*[J]. Chem Nat Compd +, 2013, 49:577-578.
- 30 Afzal M, et al. Isolation of two new mallotoate with antifungal radical scavenging activities from *Mallotus philippensis* muell [J]. Asian J Chem, 2015, 27:3891-3894.
- 31 Kiem PV, et al. Enantiomeric chromene derivatives with anticancer effects from *Mallotus apelta*[J]. Bioorg Chem, 2020, 104:104268.
- 32 Smith MA, et al. Characterization of novel triacylglycerol estolides from the seed oil of *Mallotus philippensis* and *Trewia nudiflora*[J]. Lipids, 2013, 48:75-85.
- 33 Ramalakshmi S, et al. Studies on cytotoxic, phytotoxic and volatile profile of the bark extract of the medicinal plant, *Mallotus tetracoccus* (Roxb.) Kurz [J]. Afr J Biotechnol, 2013, 12:6176-6184.
- 34 Nwaehujor CO, et al. Anti-inflammatory and anti-oxidant activities of *Mallotus oppositifolius* (Geisel) methanol leaf extracts[J]. Arab J Chem, 2014, 7:805-810.
- 35 Hasan MM, et al. Analgesic and anti-inflammatory activities of leaf extract of *Mallotus repandus* (Willd.) Muell. Arg. [J]. Biomed Res Int, 2014, 2014, 539807.
- 36 Sagun K, et al. Antioxidant potential, anti-inflammatory activity and gastroprotective mechanisms of *Mallotus roxburghianus* (Muell.) against ethanol-induced gastric ulcers in Wistar albino rats[J]. J Funct Foods, 2017, 36:448-458.
- 37 Kimura Y. Preventive effects of *Mallotus japonicus* Cortex extracts on dextran sulfate sodium-induced ulcerative colitis in C57 BL/6J mice[J]. Nat Prod J, 2020, 10, 177-185.
- 38 Jain SK, et al. Semisynthesis of Mallotus B from Rottlerin: evaluation of cytotoxicity and apoptosis-inducing activity[J]. J Nat Prod, 2013, 76:1724-1730.
- 39 Zheng NN, et al. Rottlerin inhibits cell growth and invasion via down-regulation of EZH2 in prostate cancer[J]. Cell Cy-

- cle, 2018, 17:2460-2473.
- 40 Zintchem R, et al. *In vitro* evaluation of the antimicrobial properties of *Mallotus oppositifolium* decoction leaf extracts and fractions [J]. *Int J Biol Sci*, 2015, 9:815-824.
- 41 Zintchem R, et al. Antioxidative properties of *Mallotus oppositifolium* decoction leaves extract using *in vitro* models [J]. *Int J Biol Sci*, 2013, 7:2396-2408.
- 42 Gangwar M, et al. Antioxidant capacity and radical scavenging effect of polyphenol rich *Mallotus philippensis* fruit extract on human erythrocytes: an *in vitro* study [J]. *Sci World J*, 2014, 2014:279451.
- 43 Roy VK, et al. Protection of testis through antioxidant action of *Mallotus roxburghianus* in alloxan-induced diabetic rat model [J]. *J Ethnopharmacol*, 2015, 176:268-280.
- 44 Chhiber N, et al. Rottlerin, a polyphenolic compound from the fruits of *Mallotus philippensis* (Lam.) Müll. Arg., impedes oxalate/calcium oxalate induced pathways of oxidative stress in male Wistar rats [J]. *Phytomedicine*, 2016, 23:989-997.
- 45 Gangwar M, et al. In-vitro scolicidal activity of *Mallotus philippensis* (Lam.) Muell Arg. fruit glandular hair extract against hydatid cyst *Echinococcus granulosus* [J]. *Asian Pac J Trop Med*, 2013, 6:595-601.
- 46 Kalarickal DC, et al. Effect of various extracts of *Ocimum sanctum* and *Mallotus philippensis* on *Setaria digitata* [J]. *Pharmacogn J*, 2015, 7:344-347.
- 47 Yoshikawa E, et al. *Mallotus furetianus* extract protects against ethanol-induced liver injury via the activation of the cAMP-PKA pathway [J]. *Food Sci Nutr*, 2020, 8:3936-3946.
- 48 Zhang B. Study on the anti-hepatic fibrosis effect and mechanism of total flavonoids in *Mallotus apelta* (Lour.) Muell. Arg leaf [D]. Nanning: Guangxi Medical University (广西医科大学), 2020.
- 49 Mondal M, et al. Hepatoprotective and antioxidant capacity of *Mallotus repandus* ethyl acetate stem extract against *D*-galactosamine-induced hepatotoxicity in rats [J]. *ACS Omega*, 2020, 5:6523-6531.
- 50 Muthuramu T, et al. Phytochemical and pharmacological screening of *Mallotus philippensis* against CCl_4 and ATT-induced hepatotoxicity in rats [J]. *Asian J Pharm Clin Res*, 2020, 13:79-82.
- 51 Lin DB, et al. Efficacy and mechanism of *Mallotus furetianus* Müll. Arg. extract on nonalcoholic fatty liver disease [J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2022, 2022:4897463.
- 52 Kukuia KKE, et al. Scientific evidence of plant with a rapid-onset and sustained antidepressant effect in a chronic model of depression: *Mallotus oppositifolius* [J]. *J Basic Clin Physiol Pharmacol*, 2016, 27:523-532.
- 53 Kukuia KKE, et al. Extract of *Mallotus oppositifolius* (Geiseler) Müll. Arg. increased prefrontal cortex dendritic spine density and serotonin and attenuated para-chlorophenylalanine-aggravated aggressive and depressive behaviors in mice [J]. *Front Pharmacol*, 2022, 13:962549.
- 54 Manville R, et al. Molecular mechanism underlying a traditional anticonvulsant: synergistic KCNQ2/3 potassium channel activation by dual components of *Mallotus oppositifolius* extract [J]. *Biophys J*, 2018, 14:375A-376A.
- 55 Li SR, et al. *Mallotus oblongifolius* extracts ameliorate ischemic nerve damage by increasing endogenous neural stem cell proliferation through the Wnt/ β -catenin signaling pathway [J]. *Food Funct*, 2020, 11:1027-1036.
- 56 Hwang Y, et al. Enhanced neurogenesis is involved in neuroprotection provided by rottlerin against trimethyltin-induced delayed apoptotic neuronal damage [J]. *Life Sci*, 2020, 262:118494.
- 57 Furumoto T, et al. *Mallotus philippensis* bark extracts promote preferential migration of mesenchymal stem cells and improve wound healing in mice [J]. *Phytomedicine*, 2014, 21:247-253.
- 58 Bodas KS, et al. Evaluation of wound healing effect of *Mallotus philippensis* (Lam.) Müll. Arg. by *in silico* multitargets directed for multiligand approach [J]. *In Silico Pharmacol*, 2022, 10:19.
- 59 Nwaehujor CO, et al. Evaluation of *Mallotus oppositifolius* methanol leaf extract on the glycaemia and lipid peroxidation in alloxan-induced diabetic rats: a preliminary study [J]. *Biochem Res Int*, 2013, 2013:527205.
- 60 Chan TK, et al. Anti-allergic actions of rottlerin from *Mallotus philippensis* in experimental mast cell-mediated anaphylactic models [J]. *Phytomedicine*, 2013, 20:853-860.
- 61 Khan M, et al. Hexane soluble extract of *Mallotus philippensis* (Lam.) Muell. Arg. root possesses anti-leukaemic activity [J]. *Chem Cent J*, 2013, 7:157.
- 62 Taira J, et al. The leaf extract of *Mallotus japonicus* and its major active constituent, rutin, suppressed on melanin production in murine B16F1 melanoma [J]. *Asian Pac J Trop Bio*, 2015, 5:819-823.
- 63 Chen JC, et al. Preliminary characterization, antioxidant and α -glucosidase inhibitory activities of polysaccharides from *Mallotus furetianus* [J]. *Carbohydrate polymers*, 2019, 215:307-315.
- 64 Yu ZH, et al. Study on the protective mechanism of rottlerin up-regulates miR-204-5p on cardiomyocytes damage induced by LPS [J]. *Anhui Med Pharm J (安徽医药)*, 2022, 26:

- 2368-2374.
- 65 Yu SS, et al. Protective effect of polyphenols purified from *Mallotus oblongifolius* on ethanol-induced gastric mucosal injury by regulating Nrf2 and MAPKs pathways[J]. *Antioxidants*, 2022, 11: 2452.
- 66 Li SJ, et al. Screening and identification of natural α -glucosidase and α -amylase inhibitors from partridge tea (*Mallotus furetianus* Muell. Arg) and *in silico* analysis [J]. *Food Chem*, 2022, 388: 133004.
- 67 Kim Y, et al. Rottlerin suppresses lipid accumulation by inhibiting de novo lipogenesis and adipogenesis via LRP6/mTOR/SREBP1C in 3T3-L1 adipocytes [J]. *Food Sci Biotechnol*, 2023, 32: 1445-1452.
- 68 Nakano T, et al. The suppression of the differentiation of adipocytes with *Mallotus furetianus* is regulated through the posttranslational modifications of C/EBP β [J]. *Food Sci Nutr*, 2023, 11: 6151-6163.

《天然产物研究与开发》青年编委会

青年编委 (以姓氏笔划为序)

Members

王 扣	王红兵	戈惠明	尹文兵	尹 胜	吕兆林
WANG Kou	WANG Hongbing	GE Huiming	YIN Wenbing	YIN Sheng	LYU Zhaolin
刘相国	孙昊鹏	孙桂波	李良成	李国友	邱 莉
LIU Xiangguo	SUN Haopeng	SUN Guibo	LI Liangcheng	LI Guoyou	QIU Li
汪海波	沐万孟	张炳火	张德武	陈益华	林昌俊
WANG Haibo	MU Wanmeng	ZHANG Binghuo	ZHANG Dewu	CHEN Yihua	LIN Changjun
欧阳杰	易华西	罗应刚	周 文	胡友财	袁 涛
OUYANG Jie	YI Huaxi	LUO Yinggang	ZHOU Wen	HU Youcai	YUAN Tao
夏永刚	高慧敏	唐金山	黄胜雄	韩秀珍	韩淑燕
XIA Yonggang	GAO Huimin	TANG Jinshan	HUANG Shengxiong	HAN Xiuzhen	HAN Shuyan
曾克武	蓝蔚青	廖晨钟	薛永波		
ZENG Kewu	LAN Weiqing	LIAO Chenzhong	XUE Yongbo		