

鹰爪花属植物化学成分和生物活性的研究进展

赵培^{1,2,3}, 刘水林², 陈银², 黄胜雄^{2*}¹银川市中医医院, 银川 750001;²中国科学院昆明植物研究所 植物化学与西部植物资源持续利用国家重点实验室, 昆明 650201;³成都中医药大学民族医药学院, 成都 611137

摘要: 鹰爪花属植物在全球范围内现存 100 多种, 在我国有 4 种, 主要分布在南部, 有悠久的药用历史, 主要用于疟疾、风湿等顽疾。经现代药化学和药理学研究证实该属植物的化学成分种类多样, 涉及十几个分类, 主要有生物碱类、萜类、甾体类、环己烯类、黄酮类、醌类、苯丙素类及挥发油等, 生物活性也十分丰富, 具有抗肿瘤、抗菌、抗病毒、抗疟、抗虫、抗生育、抗凝血、抗血小板、抗氧化和细胞保护作用等。本文对其化学成分和生物活性进行详细综述, 为其资源开发研究奠定了理论基础。

关键词: 鹰爪花属; 阿朴菲; 倍半萜; 物质基础; 生物活性

中图分类号: R932

文献标识码: A

文章编号: 1001-6880(2024)11-1972-26

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2024.11.017

Research progress on chemical constituents and biological activities of *Artabotrys* plants

ZHAO Pei^{1,2,3}, LIU Shui-lin², CHEN Yin², HUANG Sheng-xiong^{2*}

¹Yinchuan Hospital of Traditional Chinese Medicine, Yinchuan 750001, China; ²State Key Laboratory of Phytochemistry and Plant Resources in West China, Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650201, China; ³School of Ethnic Medicine, Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu 611137, China

Abstract: There are more than 100 kinds of *Artabotrys* plants extant in the world. There are four species in China, which are mainly distributed in the south and people have a long medicinal history, mainly using it for malaria, rheumatism and other stubborn diseases. Modern pharmacochemical and pharmacological studies have confirmed that the chemical constituents of *Artabotrys* plants are diversified, involving more than a dozen categories, including alkaloids, terpenoids, cyclohexenes, steroids, flavonoids, quinones, phenylpropanes and volatile oils, etc. The biological activities of this genus are also very rich, with anti-tumor, antibacterial, antiviral, antimalarial, anti-insect, antifertility, antithrombin, antiplatelet, antioxidative, cytoprotection and so on. In this paper, the chemical constituents and biological activities of the plant were reviewed in detail, which laid a theoretical foundation for its resource development.

Key words: *Artabotrys*; aporphines; sesquiterpenoids; material basis; biological activity

鹰爪花属 (*Artabotrys*) 为番荔枝科 (Annonaceae) 攀援灌木植物, 该属在全世界有 100 多种, 分布于热带、亚热带地区。目前我国主要有 4 种, 鹰爪花 (*A. hexapetalus*)、香港鹰爪花 (*A. hongkongensis*)、毛叶鹰爪花 (*A. pilosus*)、狭瓣鹰爪花 (*A. hainanensis*), 分布

于广西、广东、福建、海南、香港、台湾等地。鹰爪花因其花似鹰爪而得名, 花香四溢, 也作为观赏植物, 别称有鹰爪、鹰爪兰、莺爪。在 2013 年发布的《中国生物多样性红色名录·高等植物卷》中, 香鹰爪花处于近危状态, 而点叶鹰爪花与喙果鹰爪花均已濒危, 难觅野生芳容。我国少数民族历来有用鹰爪花属植物治疗疾病的悠久历史, 如《广西药用植物名录》中记载鹰爪花根用于疟疾, 果实用于瘰疬; 香港鹰爪花全株用于风湿骨痛, 钩用于狂犬咬伤^[1]。

收稿日期: 2023-02-06

接受日期: 2023-08-15

基金项目: 2022 年银川市学术技术带头人储备工程项目 (2022-37); 国家杰出青年科学基金 (8222500537)

* 通信作者 E-mail: sxhuang@mail.kib.ac.cn

《中国壮药图鉴》记载: 鹰爪花, 壮族名华给定, 壮医将其根用于解瘴毒, 主治瘴病(疟疾)等; 其果实用于清热毒, 主治呗奴(体癣)等^[2]。

鹰爪花属植物化学成分丰富, 包含生物碱、萜、甾体、黄酮、醌、苯丙素和挥发油, 其中生物碱和倍半萜类是目前报道较多的活性成分。

近二十多年来虽可见对鹰爪属植物具体品种化学成分的报道, 但对其整个属的物质基础进行详细总结的文章很少, 所以本文对迄今以来国内外关于鹰爪属植物化学成分研究的文献进行综述, 以期为进一步研究(如生物合成、活性筛选等)及开发利用提供科学依据。《中国植物物种名录》(2023年版)收录^[3]和本文中涉及的鹰爪花属植物名称见表1。

1 化学成分

1.1 生物碱

生物碱是鹰爪花属植物的主要活性成分之一, 目前共分离得到87个单体化合物(1~87, 见表2和图1)。根据骨架不同可分为苜基异喹啉类、吗啡烷类、原小檗碱类、阿朴菲类和其他类。

1.1.1 苜基四氢异喹啉类

按骨架中六元氮杂环的不饱和程度, 将苜基四氢异喹啉分为3大类: 四氢异喹啉型、1,2-二氢异喹啉型和异喹啉型, 共10个(1~10)。90年代前后, Cave等^[4]和Kato等^[5]分别从*A. venustus*和*A. monteiroae*分离到网状番荔枝碱(1)。Sagen等^[6]从*A. brachypetalus*二氯甲烷部分分离到(-)-norjuziphen、*N*-甲基乌头碱和杏黄罂粟碱(2~4)。Han等^[7]从狭瓣鹰爪花70%乙醇浸膏中首次分得juzirine、isococlaurine和*N*-dmethylarmepavine(5~7), 其中5属于异喹啉型。Zhou等^[8,9]2015年经酸提碱沉法从鹰爪花甲醇总浸膏中得到4个苜基异喹啉化合物(1和8~10), 并进一步经生物活性测试发现hxapetalines A和B(8和9)对5种人类癌细胞系在体外有显著的细胞毒性。

1.1.2 吗啡烷类

吗啡烷类生物碱结构上既有酸性的酚羟基, 又有碱性的叔氨基, 还有羟基、羰基和双键等活泼官能团, 共4个(11~14)。目前仅从鹰爪花属植物中得到4个吗啡烷类生物碱, 骨架都是青藤碱类。Zhou等^[9]采用酸提碱沉、氯仿萃取, 从鹰爪花95%乙醇浸膏中得到2个吗啡二烯酮类生物碱深山黄堇碱和多花罂粟碱(11和12)。Hsieh等^[10]也从鹰爪花根

表1 《中国植物物种名录》(2023年版)

收录和本文中出现的鹰爪花属品种

Table 1 The *Artabotrys* species listed in the *Checklist of Plant Species in China* (2023 Edition) and appeared in this article

序号 No.	拉丁名 Latin name	中文植物名 Chinese plant name
1	<i>A. hexapetalus</i>	鹰爪花
2	<i>A. hongkongensis</i>	香港鹰爪花
3	<i>A. pilosus</i>	毛叶鹰爪花
4	<i>A. hainanensis</i>	狭瓣鹰爪花
5	<i>A. multiflorus</i>	多花鹰爪花
6	<i>A. punctulatus</i>	点叶鹰爪花
7	<i>A. rhynchosarpus</i>	喙果鹰爪花
8	<i>A. fragrans</i>	香鹰爪花
9	<i>A. pachypetalus</i>	厚瓣鹰爪花
10	<i>A. stenopetalus</i>	-
11	<i>A. spinosus</i>	-
12	<i>A. uncatius</i>	-
13	<i>A. uncinatus</i>	-
14	<i>A. odoratissimus</i>	-
15	<i>A. aurantiacus</i>	-
16	<i>A. brachypetalus</i>	-
17	<i>A. crassifolius</i>	-
18	<i>A. madagascariensis</i>	-
19	<i>A. monteiroae</i>	-
20	<i>A. modestus</i>	-
21	<i>A. maingayi</i>	-
22	<i>A. lastourvillensis</i>	-
23	<i>A. venustus</i>	-
24	<i>A. zeylanicus</i>	-

注: 1~9为《中国植物物种名录》(2023年版)所列的鹰爪花属植物品种, 10~24为未列入《中国植物物种名录》, 但本文中出现的鹰爪属的其他品种。

Note: 1-9 are *Artabotrys* species listed in the *Checklist of Plant Species in China* (2023 Edition); 10-24 are *Artabotrys* species not listed in the *Checklist of Plant Species in China* (2023 Edition), but appeared in this article.

甲醇部分得到化合物12和13。Zhou等^[11]从鹰爪花85%乙醇浸膏中得到多个生物碱类成分, 其中有1个吗啡烷类化合物(14)。

1.1.3 原小檗碱类

原小檗碱类生物碱是由苜基异喹啉类与由*S*-腺苷甲硫氨酸提供的*N*-甲基上的碳组合而成的, 按C环的不饱和程度, 分成原小檗碱类、二氢小檗碱类和檗碱类, 共12个(15~26)。原小檗碱15和16是分别从*A. brachypetalus*^[6]和*A. venustus*茎皮分离到的^[4]。Cortes等^[12]从*A. maingayi*树皮分离到多个生物碱, 包括一个原小檗碱类化合物(17), 随后Zhou课题组^[9,11]从鹰爪花中也分离到化合物17, 同时还分离到其他七个原小檗碱类化合物18~24。

Lan 等^[13]从 *A. uncinatus* 茎中也分离到一个原小檗碱化合物 **25**。

1.1.4 阿朴菲类

鹰爪花属植物中阿朴菲类生物碱数量多,种类丰富,迄今得到 55 个化合物(**27 ~ 81**)。根据骨架和骨架氧化程度不同,将阿朴菲类生物碱又分为阿朴菲类、氧化异阿朴菲类、原阿朴菲类、阿朴菲二聚体类、阿朴菲类-苄基异喹啉类。阿朴菲类生物碱具有联苯四环结构,其中 B 环含氮杂原子,母核相对简单,但因其取代基和氧化态多样化,结构也多变^[14]。此外,它们几乎没有例外地在 C-1 和 C-2 处氧化,经常也在其他位置氧化,含氧取代基通常是羟基、甲氧基或亚甲二氧基。阿朴菲生物碱常具有光学活性,并具有 *R* 或 *S* 构型^[15]。Eloumi-Ropivia 等^[16]从 *A. lastourvillensis* 树皮 95% 乙醇总提取物得到 7 个阿朴菲类生物碱(**27 ~ 33**)。Hsieh 等^[10,17]分别从鹰爪花新鲜未成熟果实和根中分离到 2 个新颖的含恶唑酮环的阿朴菲类化合物(**34, 35**)和其他 5 个阿朴菲(**36 ~ 40**)及 1 个氧化阿朴菲(**62**),还分别从茎、叶中得到氧化阿朴菲(**67 ~ 70**)^[10]。Chimeze 等^[18]从 *A. aurantiacus* 藤的甲醇和二氯甲烷混合浸提物中得到 2 个具有抗疟原虫活性的二聚体脱氢阿朴菲类化合物(**78, 79**)和其他 5 个化合物(**38, 42、**

48, 62, 66),其中 **62** 和 **66** 是氧化阿朴菲,Wu 等^[19]从鹰爪花茎中也分离到这 2 个化合物。Kwan 等^[20]和 Kithsiri Wijeratne 等^[21]分别从 *A. crassifolius* 树皮氯仿提取物和 *A. zeylanicus* 茎皮中分离到了 1 个对人结肠癌细胞(HCT-116)和人乳腺癌细胞(MCF-7)细胞有毒性的二羰基阿朴菲类化合物(**73**),Lan 等^[13]从 *A. uncinatus* 茎中也分离到 1 个二羰基阿朴菲类化合物(**74**)。Zhou 等^[11]从鹰爪花 85% 乙醇浸膏中还分离到 2 个原阿朴菲类化合物(**75** 和 **76**),该骨架与其他阿朴菲类生物碱的区别是含 1 个 5 元环。阿朴菲二聚体生物碱(DAA)包括双阿朴菲、阿朴菲连接苄基异喹啉(ABI)和原阿朴菲连接苄基异喹啉等 5 类化合物。Sichaem 等^[22]从 *A. spinosus* 根中得到两个通过阿朴菲 C-7-C-7 位碳-碳直接相连的二聚体化合物(**80** 和 **81**),均为双阿朴菲类二聚体。

1.1.5 其他类

除上述 4 类生物碱以外,3 个 α,β -丁烯酸内酯生物碱 *uncinine* (**82**)、多磷番荔枝酮(**83**)^[10]和 *artamodamide* (**84**)^[23]也从鹰爪花和 *A. modestus* 中被分离出来。此外,Wen 等^[24]从香港鹰爪花枝叶 90% 乙醇提取物中分离得到数个化合物,包括 2 个含丁烯酸内酯类似阿朴菲结构的生物碱(**85** 和 **86**)。

表 2 鹰爪花属植物中的生物碱
Table 2 Alkaloids in *Artabotrys* plants

类型 Type	序号 No.	化合物名称 Compound name	植物来源 Plant origin	部位 Source	参考文献 Ref.
苄基四氢异喹啉类 Benzyltetrahydroisoquinolines	1	网叶番荔枝碱 (+)-Reticuline	<i>A. venustus</i>	茎皮	4
			<i>A. monteiroae</i>	根	5
			<i>A. hexapetalus</i>	茎	8
	2	(-)-Norjuziphen	<i>A. brachypetalus</i>	茎皮	6
	3	N-甲基乌头碱 (+)-N-Methylcoclaurine	<i>A. brachypetalus</i>	茎皮	6
	4	杏黄罂粟碱 (+)-Armepavine	<i>A. brachypetalus</i>	茎皮	6
	5	Juzirine	<i>A. hainanensis</i>	茎	7
	6	Isococlaurine	<i>A. hainanensis</i>	茎	7
	7	N-Demethylarmepavine	<i>A. hainanensis</i>	茎	7
	8	Hexapetaline A	<i>A. hexapetalus</i>	茎	8
	9	Hexapetaline B	<i>A. hexapetalus</i>	茎	8
吗啡烷类 Morphanes	10	劳丹碱 Laudanidine (Laudaninine)	<i>A. hexapetalus</i>	茎	9
	11	深山黄堇碱 Pallidine	<i>A. hexapetalus</i>	茎	9

续表 2(Continued Tab. 2)

类型 Type	序号 No.	化合物名称 Compound name	植物来源 Plant origin	部位 Source	参考文献 Ref.
吗啡烷类 Morphanes	12	多花罂粟碱 (-)-Salutaridine	<i>A. hexapetalus</i>	茎	9
			<i>A. uncinatus</i>	根	10
	13	(+)-Flavinantine	<i>A. uncinatus</i>	根	10
	14	华防己碱 Sinoacutine	<i>A. hexapetalus</i>	茎	11
原小檗碱类 Protoberberines					
	15	离木番茄枝亭 (-)-Discretine	<i>A. brachypetalus</i>	茎皮	6
	16	(-)-Discretamine	<i>A. venustus</i>	茎皮	4
	17	木瓣树胺 Discretamine	<i>A. hexapetalus</i>	茎	9
			<i>A. maingayi</i>	树皮	12
	18	Discretamina	<i>A. hexapetalus</i>	茎	9
	19	(-)-10-O-Demethyl discretine	<i>A. venustus</i>	茎皮	4
			<i>A. hexapetalus</i>	茎	9
			<i>A. uncinatus</i>	根	10
	20	(-)-10-Demethyl discretine	<i>A. brachypetalus</i>	茎皮	6
			<i>A. hexapetalus</i>	茎	9
	21	千金藤定碱 Stepholidine	<i>A. hexapetalus</i>	茎	9
	22	四氢非洲防己碱 Tetrahydrocolumbamine	<i>A. hexapetalus</i>	茎	9
	23	四氢药根碱 Tetrahydrojatrorrhizine	<i>A. hexapetalus</i>	茎	11
	24	紫堇达明碱 Corydalmine	<i>A. hexapetalus</i>	茎	9
	25	(-)-Artavenustine	<i>A. venustus</i>	茎皮	4
			<i>A. uncinatus</i>	茎	13
	26	Spinosine	<i>A. hainanensis</i>	茎	8
阿朴菲类 Aporphines					
	27	Lastourvilline	<i>A. lastourvillensis</i>	树皮	16
	28	香鹰爪花碱 Suaveoline	<i>A. lastourvillensis</i>	树皮	16
	29	海罂粟碱 Glaucine	<i>A. lastourvillensis</i>	树皮	16
	30	波尔定 Boldine	<i>A. lastourvillensis</i>	树皮	16
	31	异波尔定碱 Isoboldine	<i>A. lastourvillensis</i>	树皮	16
	32	Bracteoline	<i>A. lastourvillensis</i>	树皮	16
	33	Liriotulipiferine	<i>A. lastourvillensis</i>	树皮	16
	34	Artabonatine A	<i>A. uncinatus</i>	新鲜未成熟果实	17
	35	Artabonatine E	<i>A. uncinatus</i>	根	10
	36	光千金藤碱 (+)-Stepharine	<i>A. hexapetalus</i>	茎	6
			<i>A. uncinatus</i>	新鲜未成熟果实	17
			<i>A. uncinatus</i>	根	10
	37	巴婆碱 (-)-Asimilobine	<i>A. venustus</i>	茎皮	4
			<i>A. monteiroae</i>	根	5
			<i>A. brachypetalus</i>	茎皮	6
			<i>A. uncinatus</i>	新鲜未成熟果实	17

续表 2(Continued Tab. 2)

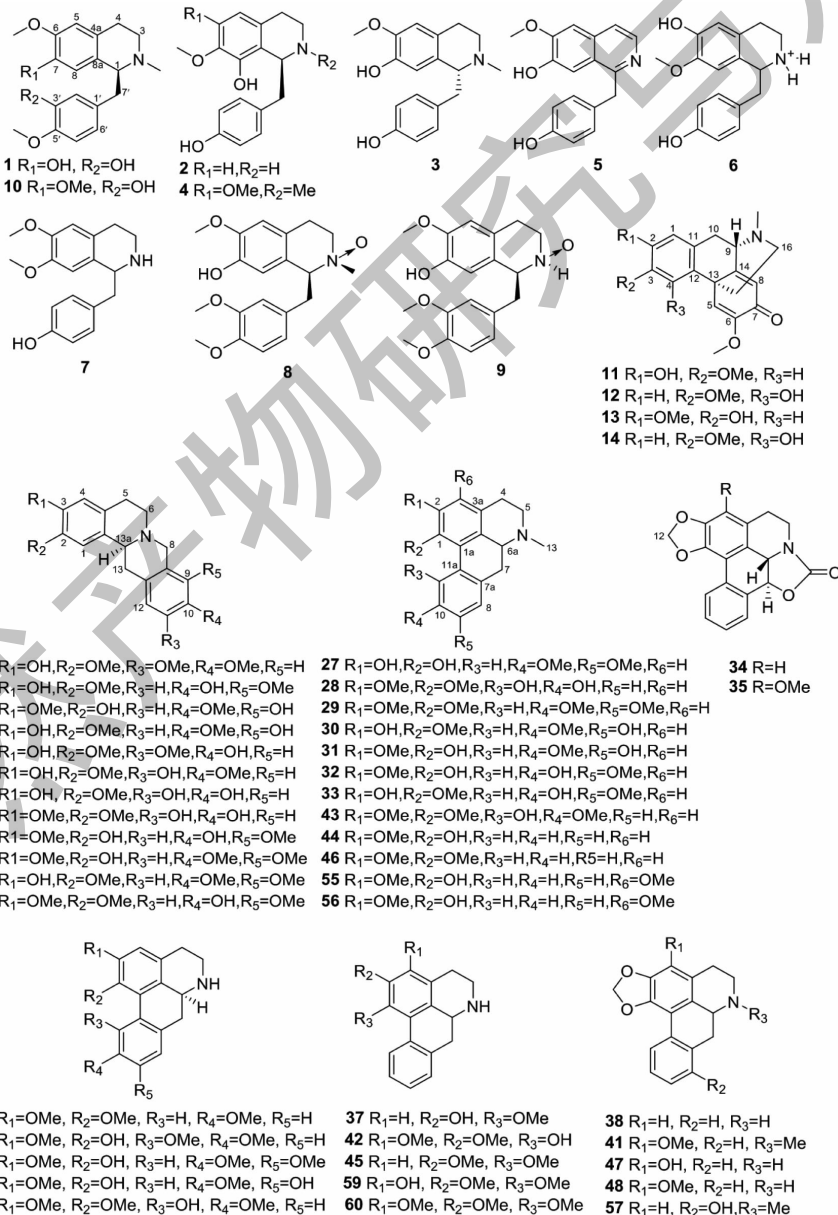
类型 Type	序号 No.	化合物名称 Compound name	植物来源 Plant origin	部位 Source	参考文献 Ref.		
阿朴菲类 Aporphines	37	巴婆碱 (-)-Asimilobine	<i>A. uncinatus</i>	茎	13		
			<i>A. uncinatus</i>	根	10		
			<i>A. hexapetalus</i>	茎	9		
	38	番荔枝碱 Anonaine	<i>A. hainanensis</i>	茎	8		
			<i>A. venustus</i>	茎皮	4		
			<i>A. maingayi</i>	茎	12		
			<i>A. monteiroae</i>	根	5		
			<i>A. brachypetalus</i>	茎皮	6		
			<i>A. uncinatus</i>	新鲜未成熟果实	17		
			<i>A. hexapetalus</i>	茎	9		
			<i>A. aurantiacus</i>	藤	18		
			39	Artabonatine B	<i>A. hexapetalus</i>	茎	6
					<i>A. uncinatus</i>	新鲜未成熟果实	17
	40	白兰花碱 (-)-Norushinsunine	<i>A. venustus</i>	茎皮	4		
			<i>A. uncinatus</i>	新鲜未成熟果实	17		
	41	(-)-Stephalagine	<i>A. uncinatus</i>	根	10		
			<i>A. uncinatus</i>	茎	10		
	42	Isopiline	<i>A. aurantiacus</i>	藤	18		
	43	异紫堇碱 (+)-Isocorydine	<i>A. hexapetalus</i>	茎	6		
			<i>A. uncinatus</i>	根	10		
	44	鹅掌楸定 (-)-Lirimidine	<i>A. venustus</i>	茎皮	4		
	45	去甲基荷叶碱 (-)-Nornuciferine	<i>A. venustus</i>	茎皮	4		
			<i>A. maingayi</i>	茎	12		
			<i>A. uncinatus</i>	根	10		
	46	荷叶碱 (-)-Nuciferine	<i>A. venustus</i>	茎皮	4		
			<i>A. hexapetalus</i>	茎	9		
	47	(-)-Cissaglaberrimine	<i>A. uncinatus</i>	茎	10		
	48	(-)-Norstephalagine	<i>A. venustus</i>	茎皮	4		
			<i>A. maingayi</i>	茎	12		
			<i>A. uncinatus</i>	根	10		
<i>A. aurantiacus</i>			藤	18			
<i>A. hexapetalus</i>			茎	6			
49	月桂碱 Laureline	<i>A. hexapetalus</i>	茎	6			
50	去甲基荷叶碱 (+)-Norcorydine	<i>A. venustus</i>	茎皮	4			
51	(+)-Wilsonirine	<i>A. monteiroae</i>	根	5			
52	去甲基尔定 (+)-Norisoboldine	<i>A. monteiroae</i>	根	5			
53	降异紫堇定碱 Norisocorydine	<i>A. hexapetalus</i>	茎	9			
		<i>A. uncinatus</i>	根	10			
54	莲碱 (-)-Romerine	<i>A. hexapetalus</i>	茎	6			
		<i>A. uncinatus</i>	茎	10			
55	<i>N</i> -甲基阿西米洛宾 <i>N</i> -Methylasimilobine	<i>A. hexapetalus</i>	茎	11			

续表 2 (Continued Tab. 2)

类型 Type	序号 No.	化合物名称 Compound name	植物来源 Plant origin	部位 Source	参考文献 Ref.
阿朴菲类 Aporphines	56	(-)- <i>N</i> -Methylisopiline	<i>A. uncinatus</i>	茎	10
	57	Fibrecisine	<i>A. hexapetalus</i>	茎	9
	58	(-)- <i>N</i> -Acetylornostephalagine	<i>A. uncinatus</i>	根	10
	59	3-Hydroxynornuciferine	<i>A. maingayi</i>	根	12
	60	(-)- <i>O</i> -Methyl- <i>N</i> -norlirinine	<i>A. hainanensis</i>	茎	8
	61	黄心树宁碱 Ushinsunine	<i>A. uncinatus</i>	茎	10
氧化阿朴菲类 Oxoaporphines	62	鹅掌楸碱 Liriodenine	<i>A. maingayi</i>	茎	12
			<i>A. uncinatus</i>	茎	19
			<i>A. uncinatus</i>	新鲜未成熟果实	17
			<i>A. maingayi</i>	茎	12
			<i>A. hexapetalus</i>	茎	6
			<i>A. aurantiacus</i>	藤	18
	63	Liridine	<i>A. hainanensis</i>	茎	10
			<i>A. crassifolius</i>	树皮	20
	64	毛叶含笑碱 Lanuginosine	<i>A. hexapetalus</i>	茎	11
			<i>A. maingayi</i>	茎	12
	65	观音莲明碱 Lysicamine	<i>A. crassifolius</i>	树皮	20
	66	芒籽定 Atherospermidine	<i>A. uncinatus</i>	茎	10, 19
			<i>A. maingayi</i>	茎	12
			<i>A. zeylanicus</i>	茎皮	21
			<i>A. crassifolius</i>	树皮	20
			<i>A. hexapetalus</i>	茎	6
			<i>A. aurantiacus</i>	藤	18
	67	Artabonatine C	<i>A. uncinatus</i>	茎	10
			<i>A. spinosus</i>	根	22
	68	<i>O</i> -Methylmoschatoline	<i>A. spinosus</i>	根	22
			<i>A. uncinatus</i>	茎	10
	69	Artabonatine D	<i>A. uncinatus</i>	茎	10
	70	Oxoasimilobine	<i>A. uncinatus</i>	叶	10
71	Artamonteirine	<i>A. monteiroae</i>	油	23	
72	鹰爪花碱 Artacinatine	<i>A. uncinatus</i>	茎	13	
		<i>A. uncinatus</i>	茎	19	
		<i>A. spinosus</i>	根	22	
		<i>A. hexapetalus</i>	茎	9	
		<i>A. hongkongensis</i>	枝叶	24	
73	异紫堇定 Artabotrine	<i>A. hainanensis</i>	茎	8	
		<i>A. zeylanicus</i>	茎皮	21	
		<i>A. crassifolius</i>	树皮	20	
		<i>A. stenopetalus</i>	茎皮	35	
74	4,5-Dioxoartacinatine	<i>A. uncinatus</i>	茎	13	
原阿朴菲类 Proaporphines	75	原荷叶碱 Pronuciferine	<i>A. hexapetalus</i>	茎	11
	76	奥可梯木种碱 Glaziovina	<i>A. hexapetalus</i>	茎	11
阿朴菲二聚体类 Dimeric aporphines	77	Artabonatine F	<i>A. uncinatus</i>	茎	10
	78	Aurantiacine A	<i>A. aurantiacus</i>	藤	18

续表 2 (Continued Tab. 2)

类型 Type	序号 No.	化合物名称 Compound name	植物来源 Plant origin	部位 Source	参考文献 Ref.
阿朴非二聚体类 Dimeric aporphines	79	Aurantiacine B	<i>A. aurantiacus</i>	藤	18
	80	Artabotrysine	<i>A. spinosus</i>	根	22
	81	Bidebiline A	<i>A. spinosus</i>	根	22
其他类 Others	82	Uncinine	<i>A. uncinatus</i>	茎	10
	83	多鳞番荔枝酮 Squamolone	<i>A. uncinatus</i>	茎	10
	84	Artamodamide	<i>A. modestus</i>	茎根	23
	85	胡椒内酰胺 Piperolactam C	<i>A. hongkongensis</i>	枝叶	24
	86	Uvarilactam	<i>A. hongkongensis</i>	枝叶	24
	87	<i>N</i> -反式对香豆酰酪胺 <i>N</i> - <i>p</i> -Coumaroyltyramine	<i>A. uncinatus</i>	茎	13



续图 1 (Continued Fig. 1)

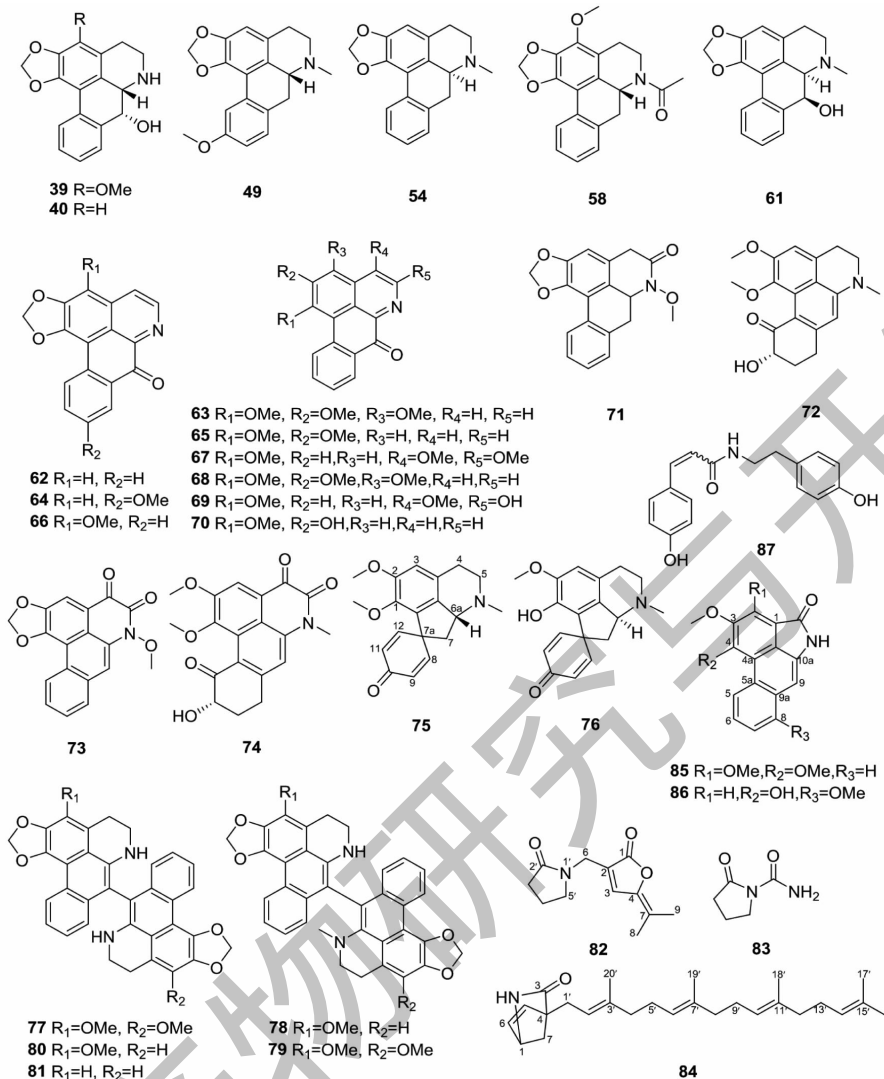


图1 鹰爪花属植物中生物碱成分的结构

Fig. 1 Chemical structures of alkaloids in *Artabotrys* plants

1.2 萜类

鹰爪属植物中的萜类成分以倍半萜类化合物为主,还有一些三萜类成分,共 103 个(88 ~ 190, 见表 3 和图 2)。目前只报道了 1 个半萜类成分和 1 个二萜类成分,分别是 Nyandoro 等^[23]从 *A. modestus* 茎皮和 Yu 等^[25]从鹰爪花种子中得到的(*R*)-鹰爪三醇(88)及 Lan 等^[13]从鹰爪花茎分离到的叶绿醇(170),也称植物醇。

1.2.1 倍半萜类

倍半萜按其结构中碳环的数目可分为无环、单环、双环、三环型等。单环有没药烷型(bisabolane)、降碳倍半萜型(megastigmane);双环有 isodaucane 型、桉烷型(eudesmane)、愈创木烷型(guaiane)、菖蒲烷型(acorane)和艾里莫芬烷型(remophilane);

三环有土青木香烷型(aristolane)和香木兰烷型(aromadendrane)等类型,共 81 个(89 ~ 169)。

Xi 等^[26]从鹰爪花根中分离到一对对映体 1,2-断-红没药烯衍生倍半萜(89 和 90),经光谱学和 ECD 分析确定了绝对构型。Liang 等^[27,28]从鹰爪花根中得到鹰爪甲素和乙素(91 和 92),同属没药烷型,其中鹰爪甲素含过氧桥键,有良好的抗疟活性。Xi 等^[29]也从鹰爪花根中得到 2 个含环内过氧桥键的倍半萜,没药烷型(105)和降碳没药烷型(117)。还有其他 14 个倍半萜(93 ~ 104、121 和 122),互为 7 对立体异构体,其中 121 和 122 同属双环倍半萜菖蒲烷型。Wang 等^[30]从毛叶鹰爪花枝叶中分离到 2 个结构相似的没药烷型倍半萜(106 和 107)。Zhang 等^[31]从鹰爪花根中分离到 1 个过氧化物

(108) 和一个倍半萜烯醇(109)。Wu 等^[32] 从香港鹰爪花枝叶 90% 乙醇提取物的石油醚萃取部位中分离到 16 个倍半萜类化合物,有降碳没药烷型单环倍半萜(110 ~ 116)、双环倍半萜 isodaucane 型(124)、艾里莫芬烷型(130 和 131)、十氢化萘骨架的桉叶烷型(133 和 134)及三环倍半萜土青木香烷型(159 ~ 162)。Wen 等^[33] 从香港鹰爪花茎叶 90% 乙醇提取物中得到 7 个桉烷型(135 ~ 141)和 1 个去丙基的降碳桉烷型双环倍半萜(147)。Tang 等^[34] 从狭瓣鹰爪花枝叶的 90% 乙醇提取物分离到 19 个倍半萜类化合物,有单环倍半萜吉马烷型(118)和其他型(119 和 120),双环倍半萜愈创木烷型(127 ~ 129)、艾里莫芬烷型(132)、桉烷型(143 ~ 146)、杜松烷型(148、151)、降碳杜松烷型(152 ~ 154)和其他型(155 和 156),以及香木兰烷型三环倍半萜(163),其中 152 和 154 是杜松烷型分别降了 3 个碳和 1 个碳。Fleischer 等^[35] 从 *A. stenopetalus* 茎皮的甲醇和乙酸乙酯部分得到 isodaucane 型(123)、愈创木烷型(125)和一个具有独特多元稠环结构的化合物氧化石竹烯(158)。Chen 等^[36] 从 *A. hainanensis* 茎中得到 3 个由不同碳环稠合而成的三环结构(165

~ 167),此外在另一篇文献中同样提到了 167 及其他 2 个三环结构(168 和 169)^[13]。

1.2.2 三萜类

三萜类成分包含四环三萜的羊毛脂甾烷型(lanostane)和达玛烷型(dammarane),五环三萜的羽扇豆烷型(lupane)、乌苏烷型(ursane)、齐墩果烷型(oleanane)和木栓烷型(friedelane),共 19 个(171 ~ 189)。Murphy 等^[37] 从 *A. madagascariensis* 叶和果实中分离出 polycarpol(171)。四环三萜羊毛脂甾烷 172 和 173 结构相似,只在 C-3 位取代基有所不同,一个是羰基^[13],一个是羟基^[13,23,38]。Gupta 等^[39] 从用正己烷脱脂后 *A. odoratissimus* 种子中提取得到 6 个新的羊毛脂甾烷型三萜(174 ~ 179)。Wang 等^[40] 从毛叶鹰爪花枝叶 90% 乙醇提取物的乙酸乙酯部位中分离得到了 10 个化合物,其中有达玛烷型(180)、羽扇豆烷型(181 ~ 183)、乌苏烷型(184 和 185)、齐墩果烷型(186 和 187)、木栓烷型(188 和 189)。Somanawat 等^[41] 从鹰爪花叶中首次分离到 1 个降碳倍半萜糖苷(190),这也是至今报道的鹰爪花属唯一的萜类糖苷化合物。

表 3 鹰爪属植物中的萜类成分
Table 3 Terpenoids in *Artabotrys* plants

类型 Type	序号 No.	化合物名称 Compound name	植物来源 Plant origin	部位 Source	参考文献 Ref.
半萜 Hemiterpenes	88	(R)-鹰爪三醇 (R)-Artabotriol	<i>A. hexapetalus</i> <i>A. modestus</i>	种子 茎皮	25 23
倍半萜 Sesquiterpenoids	89	(-)-8R-Artaboterpenoids B	<i>A. hexapetalus</i>	根	26
	90	(+)-8S-Artaboterpenoids B	<i>A. hexapetalus</i>	根	26
	91	鹰爪甲素 Yingzhaosu A	<i>A. uncinatus</i>	根	27
	92	鹰爪乙素 Yingzhaosu B	<i>A. uncinatus</i>	根	28
	93	(4R,10S,11E)-Yingzhaosu F	<i>A. hexapetalus</i>	根	29
	94	(4S,10S,11E)-Yingzhaosu F	<i>A. hexapetalus</i>	根	29
	95	(1R,2S,3S,4E)-Yingzhaosu G	<i>A. hexapetalus</i>	根	29
	96	(1S,2R,3R,4E)-Yingzhaosu G	<i>A. hexapetalus</i>	根	29
	97	(4R,8E,11S,12S)-Yingzhaosu H	<i>A. hexapetalus</i>	根	29
	98	(4R,8E,11R,12R)-Yingzhaosu H	<i>A. hexapetalus</i>	根	29
	99	(4S,8S,10S,11S)-Yingzhaosu I	<i>A. hexapetalus</i>	根	29
	100	(4R,8S,10S,11S)-Yingzhaosu I	<i>A. hexapetalus</i>	根	29
	101	(4R,8E,11R,12S)-Yingzhaosu J	<i>A. hexapetalus</i>	根	29
	102	(4S,8E,11S,12R)-Yingzhaosu J	<i>A. hexapetalus</i>	根	29
	103	(4R,8Z,11S,12S)-Yingzhaosu K	<i>A. hexapetalus</i>	根	29

续表 3 (Continued Tab. 3)

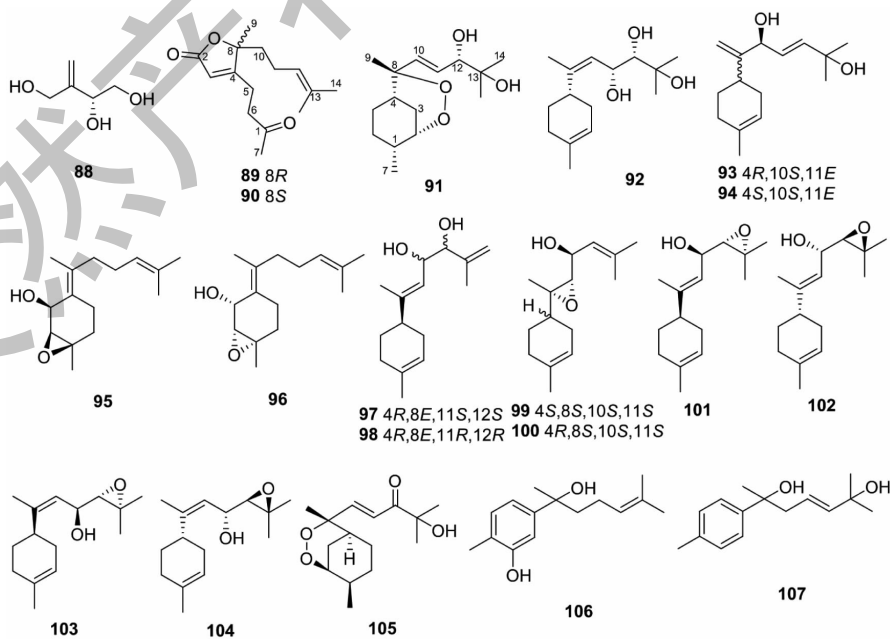
类型 Type	序号 No.	化合物名称 Compound name	植物来源 Plant origin	部位 Source	参考文献 Ref.
倍半萜 Sesquiterpenoids	104	(4 <i>S</i> ,8 <i>Z</i> ,11 <i>R</i> ,12 <i>R</i>)-Yingzhaosu K	<i>A. hexapetalus</i>	根	29
	105	(1 <i>S</i> ,2 <i>R</i> ,4 <i>R</i> ,8 <i>S</i> ,10 <i>E</i>)-Yingzhaosu L	<i>A. hexapetalus</i>	根	29
	106	Chlospicate E	<i>A. pilosus</i>	枝叶	30
	107	Arbisabol-9-en-7,11-diol	<i>A. pilosus</i>	枝叶	30
	108	Yingzhaosu C	<i>A. uncinatus</i>	根	31
	109	Yingzhaosu D	<i>A. uncinatus</i>	根	31
	110	Blumenol A	<i>A. hongkongensis</i>	枝叶	32
	111	4,5-二氢布卢门醇 4,5-Dihydroblumenol A	<i>A. hongkongensis</i>	枝叶	32
	112	(6 <i>R</i> ,9 <i>S</i>)-3-氧化- α -紫罗兰醇 (6 <i>R</i> ,9 <i>S</i>)-3-Oxo- α -ionol	<i>A. hongkongensis</i>	枝叶	32
	113	3-羟基- β -紫罗兰酮 3-Hydroxy- β -ionone	<i>A. hongkongensis</i>	枝叶	32
	114	去氢催吐萝芙木醇 Dehydrovomifoliol	<i>A. hongkongensis</i>	枝叶	32
	115	(3 <i>R</i> ,6 <i>R</i> ,7 <i>E</i>)-3-羟基-4,7-巨豆二烯-9-酮 (3 <i>R</i> ,6 <i>R</i> ,7 <i>E</i>)-3-Hydroxy-4,7-Megastigmadien-9-one	<i>A. hongkongensis</i>	枝叶	32
	116	Sarmentol F	<i>A. hongkongensis</i>	枝叶	32
	117	(1 <i>R</i> ,2 <i>S</i> ,4 <i>R</i> ,8 <i>R</i> ,10 <i>E</i>)-Yingzhaosu M	<i>A. hexapetalus</i>	根	29
	118	1 β -Hydroxy-4(15),5 <i>E</i> ,10(14)-germacatriene	<i>A. hainanensis</i>	枝叶	34
	119	Litseachromolaevane A)	<i>A. hainanensis</i>	枝叶	34
	120	二氢猕猴桃内酯 Dihydroactinidiolide	<i>A. hainanensis</i>	枝叶	34
	121	(3 <i>R</i> ,4 <i>S</i> ,8 <i>R</i> ,12 <i>R</i>)-Yingzhaosu E	<i>A. hexapetalus</i>	根	29
	122	(3 <i>S</i> ,4 <i>R</i> ,8 <i>S</i> ,12 <i>S</i>)-Yingzhaosu E	<i>A. hexapetalus</i>	根	29
	123	Artabotrol	<i>A. stenopetalus</i>	茎皮	35
	124	10-Oxo-isodauc-3-en-15-oic acid	<i>A. hongkongensis</i>	枝叶	32
	125	愈创木酚 <i>O</i> -甲基醚 Guaiane pogostol <i>O</i> -methyl ether	<i>A. stenopetalus</i>	茎皮	35
	126	泽泻醇 Alismol	<i>A. hainanensis</i>	茎	36
	127	Liguducin A)	<i>A. hainanensis</i>	枝叶	34
	128	山姜烯酮 Alpinenone	<i>A. hainanensis</i>	枝叶	34
	129	Guaianediol	<i>A. pilosus</i>	枝叶	30
	130	蜂斗菜酮 Fukinone	<i>A. hongkongensis</i>	枝叶	32
	131	Petasitolone	<i>A. hongkongensis</i>	枝叶	32
	132	11-Hydroxy-valenc-1(10)-en-2-one	<i>A. hainanensis</i>	枝叶	34
	133	β -桉叶醇 β -Eudesmol	<i>A. hongkongensis</i>	枝叶	32
			<i>A. hainanensis</i>	枝叶	34
	134	<i>trans</i> -3 β -(1-Hydroxy-1-methylethyl)-8 α β -methyl-5-methylenedecalin-2-one	<i>A. hongkongensis</i>	枝叶	32
	135	1 α -Hydroxy-5,11-eudesmadiene	<i>A. hongkongensis</i>	茎叶	33
	136	5-Eudesmene-1 β ,4 α -diol	<i>A. hongkongensis</i>	茎叶	33
	137	1 β ,11-Dihydroxy-5-eudesmene	<i>A. hongkongensis</i>	茎叶	33
	138	1 β -Hydroxy-11-methoxy-5-eudesmene	<i>A. hongkongensis</i>	茎叶	33
	139	2 α -Hydroxy pterodontic acid	<i>A. hongkongensis</i>	茎叶	33
	140	1 β ,9 β -Dihydroxy-4aH-eudesma-5,11(13)-Dien-12-oic acid	<i>A. hongkongensis</i>	茎叶	33
	141	1 β ,3 α -Dihydroxyeudesma-5,11(13)-Dien-12-oic acid	<i>A. hongkongensis</i>	茎叶	33

续表 3 (Continued Tab. 3)

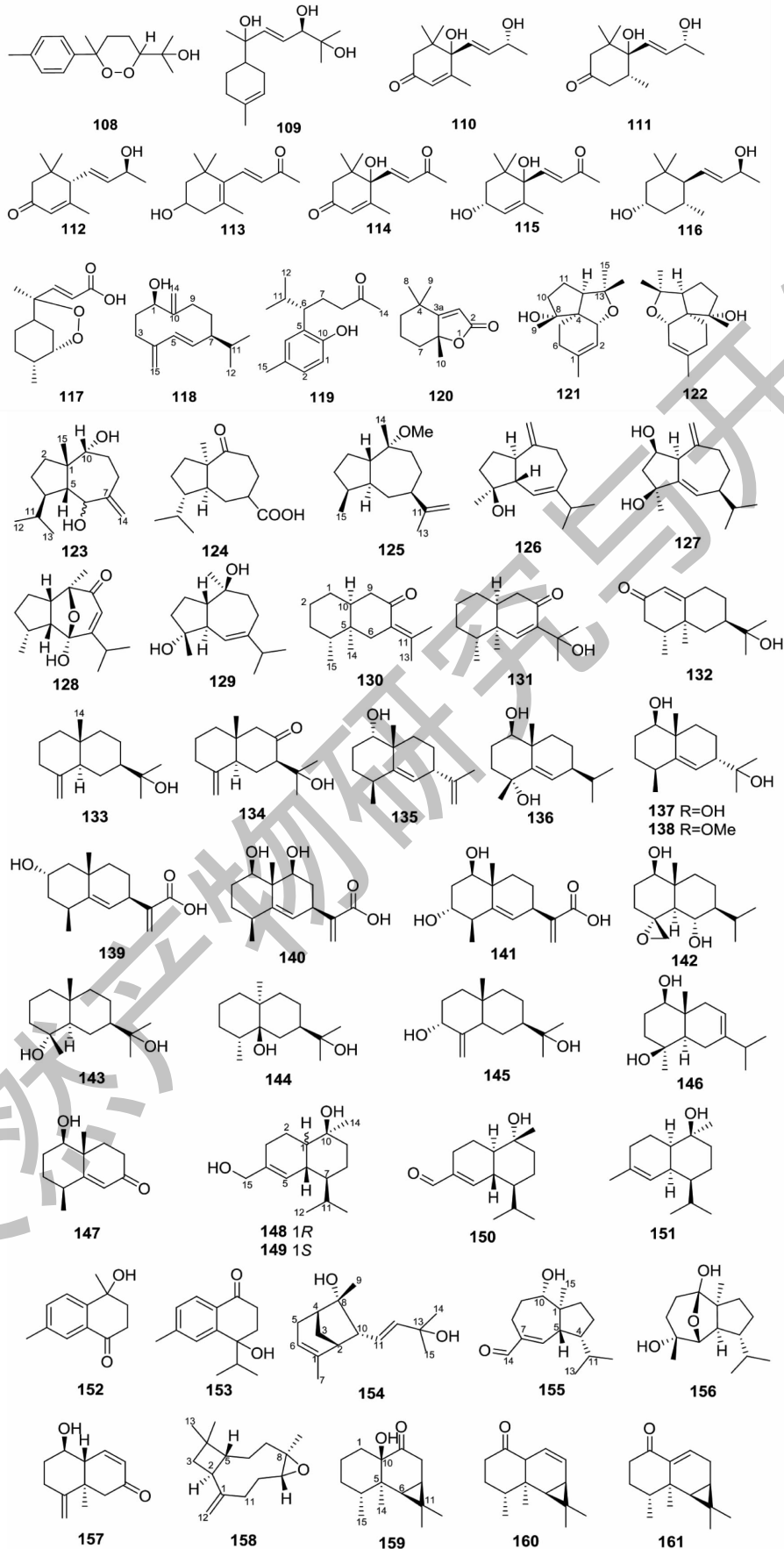
类型 Type	序号 No.	化合物名称 Compound name	植物来源 Plant origin	部位 Source	参考文献 Ref.
倍半萜 Sesquiterpenoids	142	1 β ,6 α -Dihydroxy-4 α (15)-Epoxyeudesmane	<i>A. pilosus</i>	枝叶	30
	143	柳杉二醇 Cryptomeridiol	<i>A. hainanensis</i>	枝叶	34
	144	4,10-Epi-5 β -hydroxydihydroeidesmol	<i>A. hainanensis</i>	枝叶	34
	145	Eudesm-4(14)-ene-3 α ,11-diol	<i>A. hainanensis</i>	枝叶	34
	146	Oplodiol	<i>A. hainanensis</i>	枝叶	34
	147	Artahongkongol A	<i>A. hongkongensis</i>	茎叶	33
	148	10 β ,15-Hydroxy- α -cadinol	<i>A. pilosus</i>	枝叶	30
			<i>A. hainanensis</i>	枝叶	34
	149	15-羟基-t-兰油醇 15-Hydroxy-t-muurolol	<i>A. pilosus</i>	枝叶	30
	150	10 α -Hydroxycadin-4-en-15-al	<i>A. pilosus</i>	枝叶	30
	151	Amorph-4-en-10 α -ol	<i>A. hainanensis</i>	枝叶	34
	152	4-羟基-4,7-二甲基-1-四氢萘酮 4-Hydroxy-4,7-dimethyl-1-tetralone	<i>A. hainanensis</i>	枝叶	34
			<i>A. pilosus</i>	枝叶	30
	153	Oxyphyllone D	<i>A. pilosus</i>	枝叶	30
	154	(2R,4S,8S,10R)-Artaboterpenoids A	<i>A. hexapetalus</i>	根	26
	155	10 β -Hydroxysodauc-6-en-14-al	<i>A. pilosus</i>	枝叶	30
			<i>A. hainanensis</i>	枝叶	34
	156	千年健醇 C Homalomenol C	<i>A. hainanensis</i>	枝叶	34
	157	7-Trinoreudesma-4(15),8-dien-1 β -ol-7-one	<i>A. pilosus</i>	枝叶	30
	158	氧化石竹烯 β -Caryophyllene oxide	<i>A. stenopetalus</i>	茎皮	35
159	10-Hydroxyaristolol-9-one	<i>A. uncinatus</i>	茎	13	
		<i>A. hongkongensis</i>	枝叶	32	
160	Aristol-8-en-1-one	<i>A. hongkongensis</i>	枝叶	32	
161	Aristolol-9-en-1-one	<i>A. hongkongensis</i>	枝叶	32	
162	Aristolol-1,9-diene	<i>A. hongkongensis</i>	枝叶	32	
163	桉油烯醇 Spathulenol	<i>A. hainanensis</i>	枝叶	34	
164	Ent-4 β -hydroxy-10 α -Methoxyaromadendrane	<i>A. uncinatus</i>	茎	13	
165	Junipediol	<i>A. hainanensis</i>	茎	36	
166	丁香二醇 Clovane-2 β ,9 α -diol	<i>A. hainanensis</i>	茎	36	
		<i>A. uncinatus</i>	茎	13	
167	三环蛇麻二醇 Tricyclohumuladiol	<i>A. hainanensis</i>	茎	36	
168	1-Methoxy-9-caryolanol	<i>A. uncinatus</i>	茎	13	
169	Caryolane-1,9 β -diol	<i>A. uncinatus</i>	茎	13	
二萜 Diterpenoids	170	叶绿醇 Phytol	<i>A. uncinatus</i>	茎	13
三萜 Triterpenoids	171	Polycarpol	<i>A. madagascariensis</i>	叶和果	37
		<i>A. monteiroae</i>	油	23	
		<i>A. modestus</i>	茎根	23	
172	24-Methylenelanosta-7,9(11)-diene-3-one	<i>A. uncinatus</i>	茎	13	

续表 3 (Continued Tab. 3)

类型 Type	序号 No.	化合物名称 Compound name	植物来源 Plant origin	部位 Source	参考文献 Ref.
三萜 Triterpenoids	173	24-Methylenelanosta-7,9(11)-dien-3 β -ol	<i>A. uncinatus</i>	茎	13
			<i>A. modestus</i>	茎根	23
			<i>A. odoratissimus</i>	茎皮	38
	174	Artabotryol A	<i>A. odoratissimus</i>	种子	39
	175	Artabotryol B	<i>A. odoratissimus</i>	种子	39
	176	Artabotryol C1 (26R)	<i>A. odoratissimus</i>	种子	39
	177	Artabotryol C2 (26S)	<i>A. odoratissimus</i>	种子	39
	178	Artabotryol E	<i>A. odoratissimus</i>	种子	39
	179	Artabotryol D	<i>A. odoratissimus</i>	种子	39
	180	达麻二烯醇 乙酸酯 Dammaradienyl acetate	<i>A. pilosus</i>	枝叶	40
	181	羽扇豆醇 Lupeol	<i>A. pilosus</i>	枝叶	40
	182	羽扇豆醇 乙酸酯 Lupenyl acetate	<i>A. pilosus</i>	枝叶	40
	183	桦木酸 Betulinic acid	<i>A. pilosus</i>	枝叶	40
	184	乌发醇 Uvaol	<i>A. pilosus</i>	枝叶	40
	185	熊果酸 Ursolic acid	<i>A. pilosus</i>	枝叶	40
	186	β -香树脂醇 β -Amyrin	<i>A. pilosus</i>	枝叶	40
	187	古柯二醇 Erythrodiol	<i>A. pilosus</i>	枝叶	40
	188	木栓醇 Friedelinol	<i>A. pilosus</i>	枝叶	40
	189	软木三萜酮 Friedelin	<i>A. pilosus</i>	枝叶	40
倍半萜糖苷 Sesquiterpenoid glycosides	190	7E-9-Hydroxy-4,7-megastigmane-3-one-10-O- β -D-glucopyranoside	<i>A. hexapetalus</i>	叶	41



续图 2 (Continued Fig.2)



续图 2(Continued Fig.2)

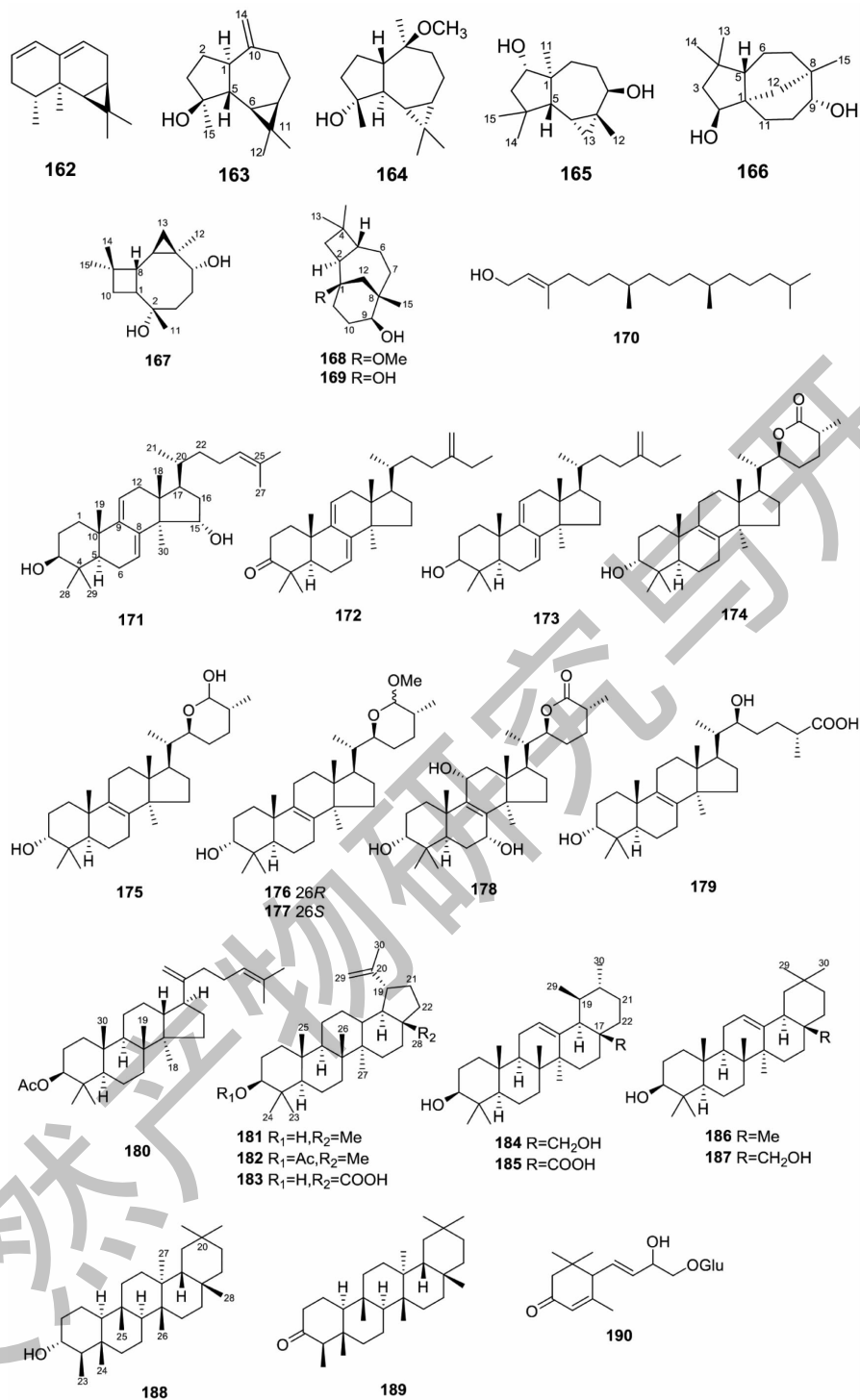


图2 鹰爪花属植物中萜类成分的结构

Fig. 2 Chemical structures of terpenoids in *Artabotrys* plants

1.3 甾体

甾体类成分在植物中普遍存在, 鹰爪花属中也分离到 12 个植物甾醇, 其中 2 个是连有葡萄糖的糖苷类结构 (191 ~ 202, 见表 4 和图 3)。Wang 等^[40]从毛叶鹰爪花枝叶 90% 乙醇提取物的乙酸乙酯部

位中分离得到多个甾体, 有豆甾醇、 β -谷甾醇、 α -菠菜甾酮、豆甾-7-烯-3 β -醇和豆甾-3, 6-二酮 (191 ~ 195)。Wang 等^[30]也从毛叶鹰爪花枝叶中分离得到 4 个甾体 (196 ~ 199), 其中 196 的酮基位于 C-7 位, 其他 3 个甾体的酮基位于 C-3 位。Singh 等^[42]从 A.

odoratissimus 得到 1 个具有抗真菌活性的植物甾醇 (200)。Lan 等^[13]和 Yu 等^[25]分别从鹰爪花茎和种子中得到 2 个甾体糖苷类化合物(201 和 202)。

表 4 鹰爪属植物中的甾体类成分
Table 4 Steroids in *Artabotrys* plants

类型 Type	序号 No.	化合物名称 Compound name	植物来源 Plant origin	部位 Source	参考文献 Ref.
甾体 Steroids	191	豆甾醇 Stigmasterol	<i>A. uncinatus</i>	茎	13
			<i>A. modestus</i>	茎	23
			<i>A. pilosus</i>	枝叶	40
	192	β -谷甾醇 β -Sitosterol	<i>A. uncinatus</i>	茎	13
			<i>A. hexapetalus</i>	种子	25
			<i>A. pilosus</i>	枝叶	40
	193	α -菠菜甾酮 α -Spinasterone	<i>A. pilosus</i>	枝叶	40
	194	豆甾-7-烯-3 β -醇 Stigmast-7-ene-3 β -ol	<i>A. pilosus</i>	枝叶	40
	195	豆甾烷-3,6-二酮 Stigmastan-3,6-diketone	<i>A. pilosus</i>	枝叶	40
	196	7-酮基- β -谷甾醇 7-Oxo- β -sitosterol	<i>A. pilosus</i>	枝叶	30
	197	6 α -hydroxycampest-4-en-3-one	<i>A. pilosus</i>	枝叶	30
	198	6 α -Hydroxystigmasta-4,22-diene-3-one	<i>A. pilosus</i>	枝叶	30
	199	6 α -Hydroxytigmast-4-ene-3-one	<i>A. pilosus</i>	枝叶	30
	200	Ergosta-5,7,22-triene-3-ol	<i>A. odoratissimus</i>	种子	42
甾体糖苷类 Steroid glycosides	201	豆甾醇葡萄糖苷 Stigmasteryl-3-O- β -D-glucoside	<i>A. uncinatus</i>	茎	13
	202	胡萝卜苷 Daucosterol	<i>A. hexapetalus</i>	种子	25

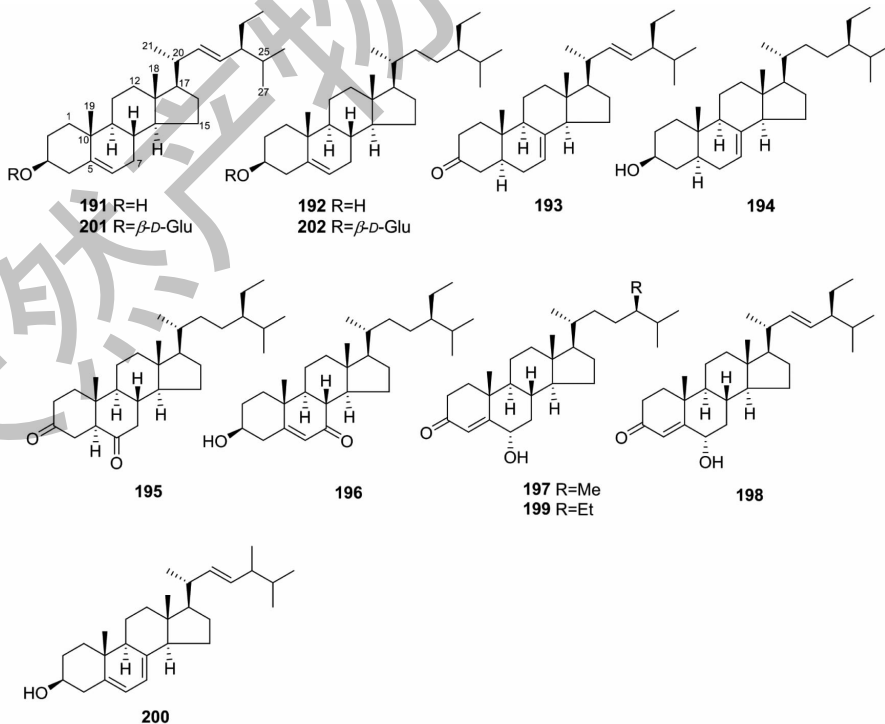


图 3 鹰爪花属植物中甾体类成分的结构

Fig. 3 Chemical structures of steroids in *Artabotrys* plants

1.4 环己烯类

鹰爪花属中得到的环己烯类化合物的特点是大都具有多氧取代基, 还有几个化合物裂环成链状以及 2 个类似环己烯的化合物也归在此类中, 共 23 个 (203 ~ 225, 见表 5 和图 4)。Tang 等^[43] 从狭瓣鹰爪花中分离到 4 个未裂环的环己烯类化合物 (203 ~ 206) 对几种人肿瘤细胞株有细胞毒活性。Liu 等^[44] 从香港鹰爪花茎叶中分离到 12 个环己烯类化合物 (207 ~ 218), 其中 6 个是高度氧化的裂环环己烯类化合物 (207 ~ 212), 又从毛叶鹰爪花枝叶中得到 3 个新的裂环氧取代环己烯类化合物 (212、214 和

219)^[45]。Tang 等^[34] 还分离到 2 个环己烯类化合物 (221、222) 和 2 个与环己烯类似的化合物 (224、225)。

1.5 黄酮类

从鹰爪属植物中除了分离得到黄酮类、黄酮苷类, 还分离到黄酮醇类、二氢黄酮醇类和查尔酮类, 还有一些比较特殊的紫檀素类化合物, 共 17 个 (226 ~ 242, 见表 6 和图 5)。Lan 等^[13] 也从鹰爪花茎甲醇提取物中得到 2 个黄酮类化合物 (226、227) 和 1 个黄酮醇类化合物儿茶素 (231), 又名儿茶精、儿茶酸, 具有 2-苯基苯并二氢吡喃结构。Somanawat

表 5 鹰爪属植物中的环己烯类成分
Table 5 Cyclohexenes in *Artabotrys* plants

类型 Type	序号 No.	化合物名称 Compound name	植物来源 Plant origin	部位 Source	参考文献 Ref.
环己烯类 Cyclohexenes					
	203	Artahainanol A	<i>A. hainanensis</i>	茎叶	43
	204	Flexuvarol A	<i>A. hainanensis</i>	茎叶	43
	205	Flexuvarol B	<i>A. hainanensis</i>	茎叶	43
	206	Uvamalol C	<i>A. hainanensis</i>	茎叶	43
	207	Artahongkongene A	<i>A. hongkongensis</i>	茎叶	44
	208	Artahongkongene B	<i>A. hongkongensis</i>	茎叶	44
	209	Artahongkongene C	<i>A. hongkongensis</i>	茎叶	44
	210	Artahongkongene D	<i>A. hongkongensis</i>	茎叶	44
	211	Artahongkongene E	<i>A. hongkongensis</i>	茎叶	44
	212	Artahongkongene F	<i>A. hongkongensis</i>	茎叶	44
	212	Artapilosol A	<i>A. hongkongensis</i>	茎叶	44
			<i>A. hainanensis</i>	茎叶	43
			<i>A. pilosus</i>	枝叶	45
	214	Microcarpin A	<i>A. hongkongensis</i>	茎叶 枝叶	44 45
			<i>A. pilosus</i>		
	215	Flexuvarin A	<i>A. hongkongensis</i>	茎叶	44
	216	Flexuvarin B	<i>A. hongkongensis</i>	茎叶	44
	217	Uvamalol G	<i>A. hongkongensis</i>	茎叶	44
	218	Flexuvarin D	<i>A. hongkongensis</i>	茎叶	44
	219	Uvarisubol B	<i>A. pilosus</i>	枝叶	45
	220	Uvarigranol B	<i>A. hongkongensis</i>	枝叶	24
	221	Ferrudio	<i>A. hainanensis</i>	枝叶	34
	222	(-)-1,6-Desoxypipoxide	<i>A. hainanensis</i>	枝叶	34
	223	(1 <i>S</i> ,2 <i>R</i> ,3 <i>S</i> ,4 <i>R</i>)-Artabotrene	<i>A. madagascariensis</i>	叶和果	37
	224	2-Methoxybenzyl benzoate	<i>A. hainanensis</i>	枝叶	34
	225	苯甲酸苄酯 Benzyl benzoate	<i>A. hainanensis</i>	枝叶	34

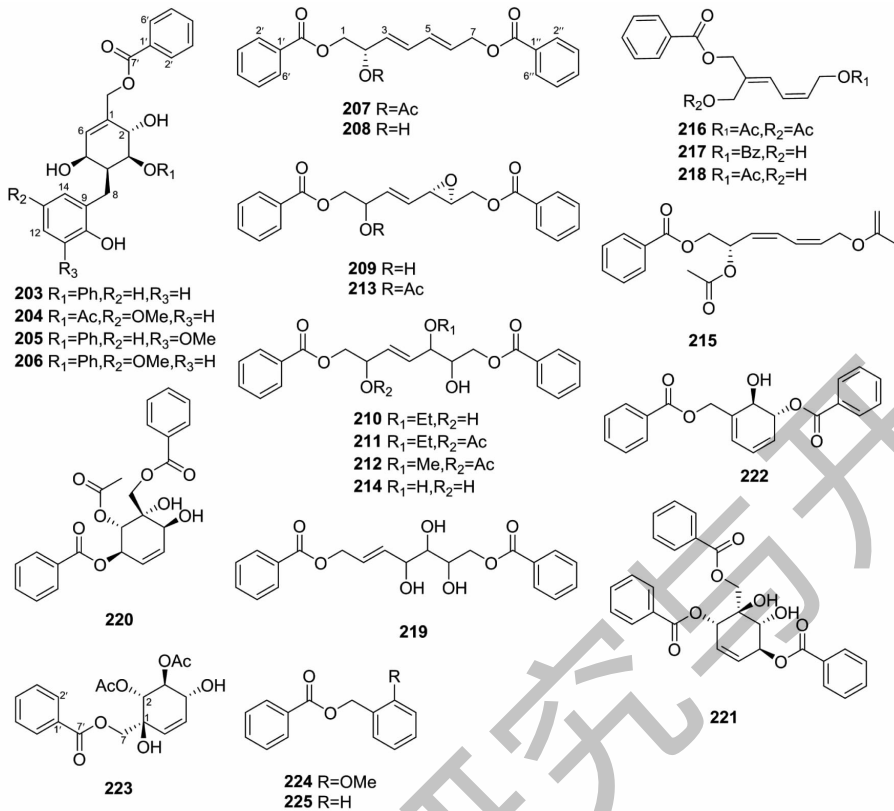


图4 鹰爪花属植物中环己烯类成分的结构

Fig. 4 Chemical structures of cyclohexenes in *Artabotrys* plants

等^[41]从鹰爪花叶乙酸乙酯提取物中分离到4个黄酮苷类化合物(232、236~238)。Li等^[46]从鹰爪花叶95%乙醇提取物中得到1个二氢黄酮醇类紫杉叶素,也称二氢槲皮素(230)和4个黄酮苷类(232~235)。Li等^[47]从鹰爪花叶中分离到3个黄酮苷

类(232、233和239),其中232和233是鹰爪苷A和B,239是芒果苷(又名芒果素)。Singh等^[48]从*A. odoratissimus*种子中得到1个3-羟基-9-甲氧基紫檀烷类化合物美迪紫檀素(241)。

表6 鹰爪属植物中的黄酮类成分

Table 6 Flavonoids in *Artabotrys* plants

类型 Type	序号 No.	化合物名称 Compound name	植物来源 Plant origin	部位 Source	参考文献 Ref.
黄酮类 Flavonoids	226	芹菜素 Apigenin	<i>A. uncinatus</i>	茎	13
	227	木犀草素 Luteolin	<i>A. uncinatus</i>	茎	13
	228	5,7,8-Trimethoxyflarone	<i>A. hongkongensis</i>	枝叶	24
二氢黄酮醇类 Flavanonols	229	紫杉叶素 Taxifolin	<i>A. hexapetalus</i>	叶	46
	230	5-Hydroxy-7,8-dimethoxyflavanone	<i>A. hainanensis</i>	枝叶	34
黄烷-3-醇类 Flavan-3-ols	231	儿茶素(+)-Catechin	<i>A. uncinatus</i> <i>A. modestus</i>	茎 茎根	13 23

续表 6 (Continued Tab. 6)

类型 Type	序号 No.	化合物名称 Compound name	植物来源 Plant origin	部位 Source	参考文献 Ref.
黄酮苷类 Flavonoid glycosides					
	232	鹰爪苷 A Quercetin 3-O- α -L-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 2)- α -L-arabinofuranoside	<i>A. hexapetalus</i>	叶	41, 46, 47
	233	鹰爪苷 B Kaempferol 3-O- α -L-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 2)- α -L-arabinofuranoside	<i>A. hexapetalus</i>	叶	46, 47
	234	Apigenin-7-O-apiosyl (1 \rightarrow 2) glucoside	<i>A. hexapetalus</i>	叶	46
	235	含葡萄糖木犀草素 Glucoluteolin	<i>A. hexapetalus</i>	叶	46
	236	Apigenin 7-O- β -D-glucopyranoside	<i>A. hexapetalus</i>	叶	41
	237	Quercetin 3-O- α -L-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 6)- β -D-glucopyranoside	<i>A. hexapetalus</i>	叶	41
	238	quercetin 3-O- α -L-rhamnopyranosyl(1 \rightarrow 3)-O- $[\alpha$ -L-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 6)- β -D-glucopyranoside]	<i>A. hexapetalus</i>	叶	41
	239	芒果素 Mangiferin	<i>A. hainanensis</i>	叶	47
紫檀素类 Pterocarpanes					
	240	白香草木犀紫檀酚 A Melilotocarpin A	<i>A. hongkongensis</i>	枝叶	24
	241	美迪紫檀素 Medicarpin	<i>A. hongkongensis</i> <i>A. odoratissimus</i>	枝叶 种子	24 48
查尔酮类 Chalcones					
	242	2'-Hydroxy-3',4',6'-trimethoxychalcone	<i>A. hongkongensis</i>	枝叶	24

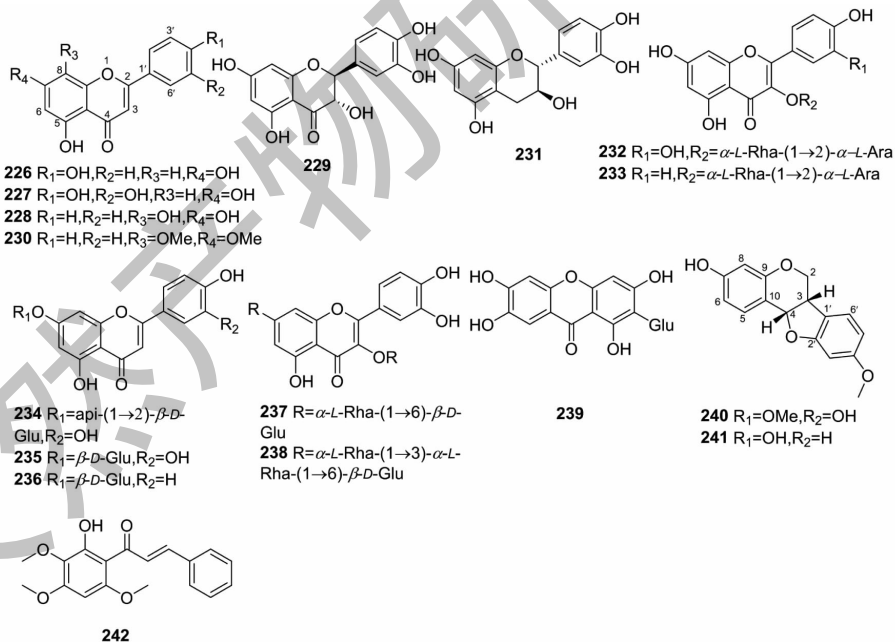


图 5 鹰爪花属植物中黄酮类成分的结构

Fig. 5 Chemical structures of flavonoids in *Artabotrys* plants

1.6 苯丙素类

狭义上, 苯丙素类可分为 3 类, 如简单苯丙素类、香豆素类、木脂素类, 而鹰爪花属中目前只报道了木脂素类和苯丙酸衍生物, 共 6 个化合物 (243 ~

248, 见表 7 和图 6)。Yu 等^[25] 从鹰爪花种子中得到的 4 个木脂素 (244 ~ 247), 其中 246 和 247 含有两个 1,4-二氧六环。Wen 等^[24] 也从香港鹰爪花枝叶 90% 乙醇提取物中分离得到苯丙酸衍生物 (248)。

表 7 鹰爪属植物中的苯丙素类成分
Table 7 Phenylpropanoids in *Artabotrys* plants

类型 Type	序号 No.	化合物名称 Compound name	植物来源 Plant origin	部位 Source	参考文献 Ref.
木脂素类 Lignans					
	243	丁香脂素 (+)-Syringaresinol	<i>A. uncinatus</i>	茎	13
	244	Isoamericanin A	<i>A. hexapetalus</i>	种子	25
	245	Isoamericanol A	<i>A. hexapetalus</i>	种子	25
	246	Americanin B	<i>A. hexapetalus</i>	种子	25
	247	鹰爪木脂醇 Artabotrycinol	<i>A. hexapetalus</i>	种子	25
苯丙酸衍生物 Phenylpropionic acid derivatives					
	248	<i>p</i> -Coumaroyl- β -phenethylamine	<i>A. hongkongensis</i>	枝叶	24

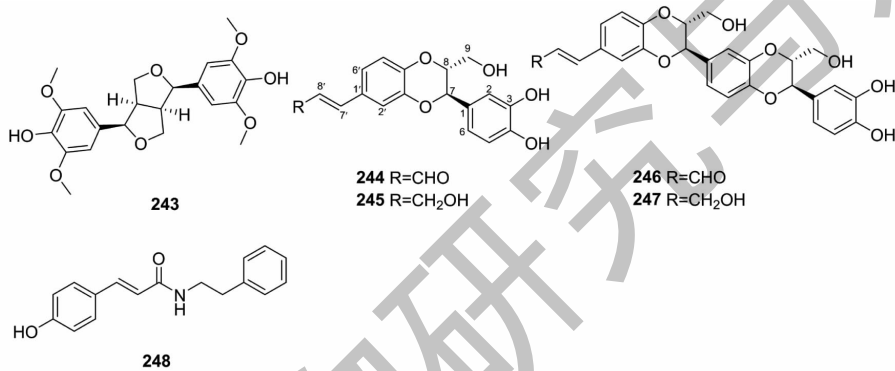


图 6 鹰爪花属植物中苯丙素类成分的结构

Fig. 6 Chemical structures of phenylpropanoids in *Artabotrys* plants

1.7 醌类

至今从鹰爪属植物中分离到的醌类成分主要有蒽醌类 (anthraquinones) 和菲醌类 (phenanthraquinone) 两类, 共 4 个化合物 (249 ~ 252, 见表 8 和图 7)。Singh 等^[49]从 *A. odoratissimus* 叶正己烷提取物

中分离到 2 个蒽醌类化合物 (249 和 250)。Wang 等^[30]从毛叶鹰爪花枝叶中分离得到 2 个菲醌类化合物 (251 和 252), 结构类似, 但 251 的 C-12 和 C-16 连接成五元环, 252 则是开环结构。

表 8 鹰爪属植物中的醌类成分
Table 8 Quinones in *Artabotrys* plants

类型 Type	序号 No.	化合物名称 Compound name	植物来源 Plant origin	部位 Source	参考文献 Ref.
蒽醌类 Anthraquinones					
	249	1-Hydroxy-2,5-dimethoxy-9,10-anthraquinone	<i>A. odoratissimus</i>	叶	49
	250	1,4,5-Trihydroxy-9,10-anthraquinone	<i>A. odoratissimus</i>	叶	49
菲醌类 Phenanthraquinones					
	251	12,14-Ace-16-hydroxy-2,3-(methylenedioxy) acephenanthrene	<i>A. pilosus</i>	枝叶	30
	252	14-(2-Hydroxyethyl)-2,3-(methylenedioxy) phenanthrene	<i>A. pilosus</i>	枝叶	30

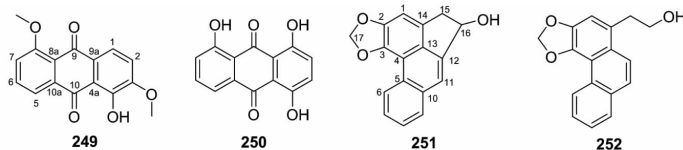


图7 鹰爪花属植物中醌类成分的结构

Fig. 7 Chemical structures of quinones in *Artabotrys* plants

1.8 其他成分

鹰爪属植物中的其他成分主要包括内酯类、脂肪酸类、醛类、醇类、烯类等挥发油成分,共35个化合物(253~287,见表9和图8)。2个丁烯羟酸内酯类化合物(253和254)从*A. madagascariensis*叶和果中被分离得到^[37]。Wong等^[50]从鹰爪花地上部分二氯甲烷提取物中分离到3个具有独特的 β -甲氧基- γ -亚甲基取代的- α,β -不饱和- γ -丁内酯环结构的化合物(255~257)和2个简单的丁内酯环化合物(258和259)。Bordoloi等^[51]从*A. odoratissimus*果实中分离到1个长链烷基 α -亚甲基- γ -丁内酯化合物(260)。Mehta等^[52]从*A. odoratissimus*叶己烷提

取物中得到一个新的羧酸酯(263)及2个相差1个碳的单酯(265和266)。Jain等^[53]从*A. odoratissimus*叶中分离到2个新的单酯(267,268)和1个4,5环氧单酯(269)。Mehta等^[54]从*A. odoratissimus*叶中分离到一个新的单酯(270)和2个醇类(271、272)。另外还有一些酸类(273和274)^[25,34]、酯类(275和276)^[48]、酮类(279)^[23]、醛类(280和281)^[24]和连有多个羟基的环己烷类化合物(277和278)^[23]相继被分离出。Wang等^[55]经水蒸气蒸馏从鹰爪花新鲜叶乙醚萃取物中分离鉴定出多个挥发油成分,有醛类(282和283)、醇类(284)和烯类(285~287)。

表9 鹰爪属植物中的其他成分

Table 9 Other compounds in *Artabotrys* plants

序号 No.	化合物名称 Compound name	植物来源 Plant origin	部位 Source	参考文献 Ref.
253	Melodorinol	<i>A. madagascariensis</i>	叶和果	37
254	Acetylmelodorinol	<i>A. madagascariensis</i>	叶和果	37
255	Artapetalin A	<i>A. hexapetalus</i>	地上部分	50
256	Artapetalin B	<i>A. hexapetalus</i>	地上部分	50
257	Artapetalin C	<i>A. modestus</i>	茎皮	23
258	(+)-Tulipalin B	<i>A. hexapetalus</i>	地上部分	50
259	(2 <i>R</i> ,3 <i>R</i>)-3-Hydroxy-2-methylbutyrolactone	<i>A. hexapetalus</i>	地上部分	50
260	3-Methylene-4-pentadecyldihydrofuran-2-one	<i>A. odoratissimus</i>	成熟果实	51
261	地芸普内酯 Loliolide	<i>A. hongkongensis</i>	枝叶	24
262	山嵛酸 Docosanoic acid	<i>A. odoratissimus</i>	种子	48
263	1-Carboxy-heneicosane Pentadecanoate	<i>A. odoratissimus</i>	叶	52
264	香茶菜酸 A Rabdosia acid A	<i>A. hongkongensis</i>	枝叶	24
265	Hexyl pentaicosanoate	<i>A. odoratissimus</i>	叶	52
266	Pentyl pentaicosanoate	<i>A. odoratissimus</i>	叶	52
267	Pentaheptyl-7-hydroxy dodecanoate	<i>A. odoratissimus</i>	叶	53
268	Pentaheptyl-tritriacontanoate	<i>A. odoratissimus</i>	叶	53
269	4,5-Epoxy-26-ol-dopentacontane	<i>A. odoratissimus</i>	叶	53
270	Nonacosanyl hexacosanoate	<i>A. odoratissimus</i>	叶	54
271	2-Hydroxytricontane	<i>A. odoratissimus</i>	叶	54
272	Pentatetracontan-19-ol	<i>A. odoratissimus</i>	叶	54
273	(9 <i>E</i> ,11 <i>Z</i>)-14-Hydroxyoctadecan-9,11-Dienoic acid	<i>A. hainanensis</i>	枝叶	34
274	棕榈酸 Palmitic acid	<i>A. hexapetalus</i>	种子	25

续表 9 (Continued Tab. 9)

序号 No.	化合物名称 Compound name	植物来源 Plant origin	部位 Source	参考文献 Ref.
275	Nonacosanoic acid 2(,3(-Hydroxypropyl ester	<i>A. odoratissimus</i>	种子	48
276	Pentacosanoic acid 2,3-dihydroxy Propylester	<i>A. odoratissimus</i>	种子	48
277	Cyclohexane-1,2,4,5-tetrol	<i>A. modestus</i>	茎根	23
278	Quebrachitol	<i>A. modestus</i>	茎根	23
279	Artamenone	<i>A. modestus</i>	茎根	23
280	4-Hydroxy-3-methoxy-benzaldehy	<i>A. hongkongensis</i>	枝叶	24
281	丁香醛 Syringaldehyde	<i>A. hongkongensis</i>	枝叶	24
282	反式-2-己烯醛 <i>trans</i> -2-Hexenal	<i>A. hexapetalus</i>	新鲜叶	55
283	苯甲醛 Benzaldehyde	<i>A. hexapetalus</i>	新鲜叶	55
284	顺式-3-己烯醇 <i>cis</i> -Hex-3-en-1-ol	<i>A. hexapetalus</i>	新鲜叶	55
285	左旋- α -蒎烯 (1S)-(-)- α -Pinene	<i>A. hexapetalus</i>	新鲜叶	55
286	左旋- β -蒎烯 (1S)-(-)- β -Pinene	<i>A. hexapetalus</i>	新鲜叶	55
287	3-Methylene-6-(1-methylethyl)-cyclohexene	<i>A. hexapetalus</i>	新鲜叶	55

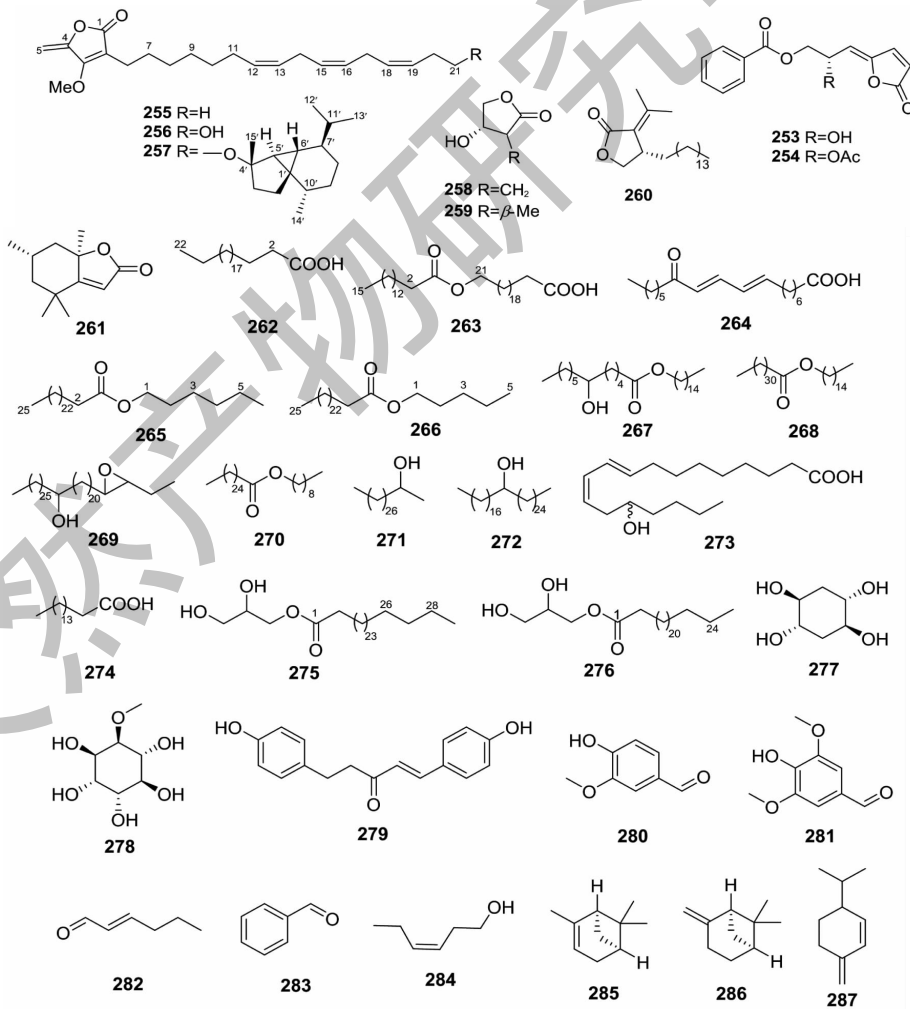


图 8 鹰爪花属植物中其他成分的结构

Fig. 8 Chemical structures of other compounds in *Artobotrys* plants

2 生物活性

2.1 抗菌活性

Zhou^[9] 实验证明化合物 **43** 对白色葡萄球菌、蜡状芽孢杆菌和四联球菌, 化合物 **63** 对白色葡萄球菌和蜡状芽孢杆菌, 化合物 **42** 对白色葡萄球菌, 化合物 **1** 和 **30** 对枯草芽孢杆菌, 化合物 **53** 和 **61** 蜡状芽孢杆菌有较好抑制活性。 **63** 对白色葡萄球菌和蜡状芽孢杆菌, 最低抑菌浓度 (MIC) 分别为 20 和 10 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ^[9,10]。

从 *A. monteiroae* 油二氯甲烷和乙醇提取物中得到的化合物 **71** 在 40 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的浓度下, 对金黄色葡萄球菌 (ATCC 25923) 表现出选择性活性, 但对大肠杆菌 (DSM 1103) 和真菌白色念珠菌 (DSM 1665) 和新型隐球菌 (ATCC 90112) 无活性。在琼脂扩散法中化合物 **71** 活性约为标准药物氨苄西林的 48%, 在微孔板稀释试验中, 其 MIC 值为 2.5 ~ 20 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 疗效与氨苄西林 (MIC = 2.5 $\mu\text{g}/\text{mL}$) 的相当。虽然没有进行结构活性关系的研究, 但有研究认为化合物 **71** 的抗菌活性可能归因于亚甲二氧基和 *N*-甲氧基胺基部分。化合物 **10**、**231**、**277** 对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌均有活性, 而结构相似的 3 个化合物 (**171**、**173** 和 **191**) 与化合物 **71** 相同仅对金黄色葡萄球菌有活性。在抗真菌试验中, 无抗细菌活性的化合物 **123** 和 **256** 分别对白色念珠菌和新生念珠菌有抑菌活性^[23]。

Srivastava 等^[56] 对 *A. odoratissimus* 精油抑制一些因贮存引起食品污染的真菌进行了活性评价。 *A. odoratissimus* 精油对黄曲霉的 MIC 为 0.75 $\mu\text{L}/\text{mL}$, 在 1 ~ 5 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 浓度之间对黄曲霉生长的抑制作用明显优于常用的几种合成杀菌剂。该油对 14 种不同贮藏真菌表现出广泛的抑菌谱。在 1 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 浓度时, 烟曲霉被抑制, 而在 0.5 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 浓度时, 枝状枝孢、新月弯孢、尖孢镰刀菌、宫部旋孢腔菌蠕孢、菜豆壳球孢菌、石膏小孢子菌、总状毛霉、意大利青霉菌、腐霉菌、立枯丝核菌、齐整小核菌和绿色木霉被抑制。在 1 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 时, 黑曲霉的抑制率仅为 84.9%。此外, 在 0.75 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 时, 该油对黄曲霉产毒菌株 (Navjot 4NSt) 分泌的黄曲霉毒素 B₁ 有显著抑制作用。 *A. odoratissimus* 精油 (AOEO) 可用于管理食品和动物饲料中的霉菌和真菌毒素污染。 Venkatesh 等^[57] 从 *A. odoratissimus* 新鲜叶中得到 14 个精油成分, AOEO 对 15 种田间和贮藏真菌均表现出较好的抑菌活性, 在 1 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 浓度下, 其菌丝生长

抑制率、MIC 和最低杀菌浓度 (MFCs) 分别为 11.45% ~ 42.53%、0.078 ~ 1.25 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 和 2.5 ~ 10.0 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 之间。在 8 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 浓度下, AOEO 完全抑制伏马菌素 B₁ (FB₁) 和麦角甾醇的产生。FB₁ 是食品和饲料中常见的剧毒污染物, 主要由伏马菌产生, 而麦角甾醇是许多抗真菌药物的潜在靶点。 *A. odoratissimus* 精油能抑制真菌的生长, 从而提高种子的萌发率, 可作为一种防腐剂。

从 *A. odoratissimus* 中分离出的萜类化合物抑制一些植物病原真菌和腐生真菌的孢子萌发, 如链格孢菌、番茄早疫病菌、尾孢菌、弯孢属、镰刀菌、长孺孢属和狗牙根黑粉菌。在 2% 浓度下, 弯孢属 *Curvularia maculans* 和 *H. frumentariae* 的孢子萌发完全被抑制, 而在 0.5% 浓度下, 弯孢属 *Curvularia maculans* 和 *C. pethisetii* 对这种化学物质表现出相当的敏感性^[42]。化合物 **260** 对真菌细极链格孢菌 (*Alternaria tenuissima*) 有良好的抑制生长作用, MIC 为 300 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 半数抑制浓度 (IC₅₀) 为 51.37 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ^[50]。

2.2 抗病毒活性

化合物 **121**、**122**、(8*S*, 12*R*)-yingzhaosu C、(8*R*, 12*S*)-yingzhaosu C、(8*R*, 12*R*)-yingzhaosu C、(8*S*, 12*S*)-yingzhaosu C 和 12-keto yingzhaosu A 对柯萨奇病毒 B3 表现出中等的抗病毒活性, IC₅₀ 值为 6.41 ~ 33.33 $\mu\text{mol}/\text{L}$, 选择性指数 (SI) 大于 2.1。化合物 **100**、**105** 和 (8*S*, 12*R*)-yingzhaosu C 对流感病毒 (A H3N2) 表现出较弱的抗病毒活性, IC₅₀ 值为 19.24 ~ 33.33 $\mu\text{mol}/\text{L}$, SI 大于 3.0^[29]。

2.3 抗蚊虫活性

在灭蚊幼虫实验中, 化合物 **10**、**71**、**84**、**171** 和 **191** 表现出较强的杀蚊活性, 暴露 24、48 和 72 h 后半数致死浓度 (LC₅₀) 分别为 1 ~ 111、2.3 ~ 27 和 1 ~ 21.9 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 其中杀蚊活性最强的为化合物 **71** (24 h 后 LC₅₀ 值小于 1 $\mu\text{g}/\text{mL}$)^[23]。

2.4 抗肿瘤活性

目前文献对从鹰爪花属植物中分离得到的阿朴菲类生物碱成分的抗肿瘤作用研究较为广泛。从鹰爪花中分离到 2 个阿朴菲生物碱, 化合物 **62** 显示强烈的细胞毒活性, 对人口腔表皮样癌细胞 (KB) 的半数有效量 (ED₅₀) 值为 1.0 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 化合物 **66** 对 KB 的 ED₅₀ 值为 2.5 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ^[58]。化合物 **8** 和 **9** 对人白血病细胞 (HL-60)、肝癌细胞 (SMMC-7721)、肺癌细胞 (A-549)、乳腺癌细胞 (MCF-7) 和结肠癌细胞 (SW480) 表现出抑制作用, IC₅₀ 值与阳性对照顺铂

相当^[6]。通过检测 Formazan 结晶的量证明苜基异喹啉类生物碱 **1** 可以较明显地抑制五种人癌细胞 (HL-60、SMMC-7721、A-549、MCF-7 和 SW480) 生长活性^[9]。化合物 **66** 和 **83** 对人肝癌细胞 (HepG2 和 2,2,15) 具有细胞毒性^[10]。在另一个生物学实验中, 化合物 **66** 和 **243** 对 HepG2, IC₅₀ 值分别为 0.97 和 0.35 μg/mL^[13]。化合物 **62** 对 KB、人非小细胞肺癌细胞 (A-549)、人回盲肠癌细胞 (HCT-8)、小鼠白血病细胞 (P-388) 和小鼠白血病细胞 (L-1210) 有细胞毒作用, ED₅₀ 值分别为 1.00、0.72、0.70、0.57 和 2.33 μg/mL^[19]。Sichaem 等^[20] 用标准 MTT 比色法, 阿霉素为参比化合物, 实验发现化合物 **68** 对人宫颈癌细胞 (HeLa) 和 KB 细胞毒性较弱, IC₅₀ 值为 17.2 和 20.8 μg/mL。

A. crassifolius 树皮氯仿提取物对 MCF-7、MDA-468 和 HCT-116 细胞的生长均有抑制作用, 半数生长抑制浓度 (GI₅₀) 值为 4.2 ~ 9.4 μg/mL。化合物 **64** 和 **73** 能抑制 HCT-116 和 MCF-7 细胞的生长, GI₅₀ 值为 3.3 ~ 3.9 μg/mL。化合物 **62**、**64**、**66** 和 **73** 在浓度为 50 μg/mL 时对人胚胎肾细胞 (HEK297) 无毒性^[21]。

与野生型菌株 RS 188N (rad +) 相比, 化合物 **66** 和 **73** 对 RS 321N 和 RS 322 YK (rad 52Y) 均表现出显著的选择性细胞毒活性, 并发现化合物 **73** 对野生型和喜树碱耐药的白血病细胞株 (P-388) 也有活性^[22]。Xi 等^[26] 分离到 2 个裂环 1,2-没药烷型倍半萜内酯化合物 (**89** 和 **90**), 是一一对映异构体, 其中化合物 **89** 对 5 种人肿瘤细胞 HCT-116、HepG2、人卵巢癌细胞 (A2780)、人非小细胞肺癌细胞 (NCI-H1650) 和人胃腺癌细胞 (BGC-823) 具有细胞毒作用, IC₅₀ 值为 1.38 ~ 8.19 μmol/L。(8*R*, 12*R*)-yingzhaosu C 对 A2780 细胞的 IC₅₀ 值为 8.30 μmol/L, 而 (8*S*, 12*S*)-yingzhaosu C 对 HCT-116、HepG2 和 A2780 细胞的 IC₅₀ 值分别为 3.24、3.23 和 3.14 μmol/L^[29]。

Wang^[30] 采用 MTT 法, 表明化合物 **106**、**129**、**142**、**147**、**148**、**149**、**151**、**152**、**156**、**251** 和 **252** 对 HL-60、SMMC-7721、A-549、MCF-7 和 SW480 均显示了较为显著的抗肿瘤细胞生长活性。Wen 等^[33] 从香港鹰爪花茎叶中分离到 8 个桉烷型倍半萜化合物 **135** ~ **141** 和 **146** 对上述 5 种人癌细胞均具有显著的抑制作用, IC₅₀ 值为 0.57 ~ 15.68 μmol/L。Liu 等^[44] 从香港鹰爪花茎叶中分离到 6 个新的高度氧

化的裂环环己烯类化合物 (**207** ~ **212**), 对以上 5 种人癌细胞有显著的抑制作用, IC₅₀ 值为 0.26 ~ 16.58 μmol/L; 又从毛叶鹰爪花枝叶乙醇提取物中分离到 3 个多氧取代的裂环环己烯类化合物 (**212**、**214** 和 **219**), 同样对以上几种人肿瘤细胞表现出明显的生长抑制活性^[45]。Tang^[34,43] 也对从狭瓣鹰爪花中得到的 4 个环己烯类化合物 (**203** ~ **206**), 以上述 5 种肿瘤细胞进行抗肿瘤活性评价, 结果除了对 HL-60 的活性比顺铂稍差之外, 对其他 4 种肿瘤细胞株的抗肿瘤活性均比顺铂明显, IC₅₀ 值为 2.68 ~ 18.32 μmol/L。化合物 **253** 和 **254** 对 5 种不同的人肿瘤细胞 A2780、人乳腺癌高转移细胞 (MDA-MB-435)、人结肠癌细胞 (HT-29)、人肺腺癌细胞 (H522-T1) 和人组织细胞淋巴瘤细胞 (U937) 表现出抗增殖活性, IC₅₀ 值范围为 2.4 ~ 12 μmol/L^[37]。

2.5 抗疟活性

Roche 公司和伦敦热带病药物学校合作通过体外试验表明从鹰爪花中分离到的 1 个倍半萜过氧化物对氯喹和乙胺嘧啶敏感和耐药的恶性疟原虫均有效, 它对小鼠和大鼠的急毒性也很低^[59]。Chimeze 等^[18] 对化合物 **79** 和 **80** 抗恶性疟原虫 NF54 红细胞期的活性进行了评价, 都具有较好的抗疟原虫性能, IC₅₀ 值分别为 0.6336 和 0.1120 μmol/L。

2.6 抗生育活性

A. odoratissimus 叶的提取物会干扰大鼠发情周期的持续时间, 明显延长了间情期, 表明提取物对雌激素的拮抗作用, 但由于毒性作用而被放弃研究^[60]。

2.7 抗氧化和细胞保护活性

A. odoratissimus 茎皮乙醇提取物 (BEE) 和果乙醇提取物对过氧化氢 (H₂O₂) 诱导的 DNA、人胚肾细胞 (HEK-293) 细胞和红细胞氧化损伤具有保护作用。在 ABTS 抗氧化活性实验中, BEE 的 IC₅₀ 值为 2.23 ± 0.16 μg/mL, 在 HEK-293 细胞中也观察到类似的结果, 在 250 μg/mL 浓度下, 经 BEE 预处理的细胞在氧化应激下的最大存活率为 56%, 对红细胞溶血的抑制率为 86.39% ± 0.67%。该研究清楚地表明, *A. odoratissimus* 提取物具有抗氧化损伤的潜在前景^[61]。化合物 **232**、**227** 和 **231** 具有较强的 DPPH 自由基清除能力, IC₅₀ 值分别为 14.09、15.32 和 5.55 μg/mL。化合物 **232** 清除羟基自由基作用显著, IC₅₀ 为 10.19 μg/mL, 化合物 **227** 具有良好的超氧化物歧化酶样活性 IC₅₀ 为 24.52 μg/mL^[13]。

2.8 抗血小板活性

化合物 **62** 通过二磷酸腺苷、胶原蛋白和血管舒张作用, 发挥显著的抗血小板活性。化合物 **77** 催化纤维蛋白原转化为纤维蛋白, 抑制凝血酶活性^[10]。

2.9 其他活性

在 Ca^{2+} 存在的条件下, 化合物 **47** 和 **66** 对 KCl 引起的大鼠子宫收缩或催产素引起的有节律性子宫收缩均有放松作用, 但只有化合物 **66** 对无钙条件下催产素或钒酸盐引起的子宫收缩有松弛作用^[12]。另外, 从鹰爪花茎中得到的化合物 **64** 显示出剂量依赖性免疫刺激活性^[62]。

3 结语与展望

鹰爪属植物的化学成分多样, 数量众多, 很多成分经现代药理研究表明都有很好的生物活性。其中鹰爪花中的鹰爪甲素在二十世纪 70 年代就已被研究证实有很好的抗疟活性^[56], 并为之后青蒿素的发现带来启示。鹰爪属植物除了抗疟活性外, 还具有抗肿瘤、抗菌、抗病毒、抗氧化和杀虫等功效, 在临床中也应用广泛。对鹰爪属植物的研究中也存在一些问題, 如有些成分分离到单体, 但未确定其构型或数据不完整, 不能继续研究或重复实验; 未对分离到的每个单体成分进行活性测定, 以明确其药理作用, 更缺乏相关的毒理实验数据; 采用的实验方法较传统, 没有将一些新的分离纯化技术运用到鹰爪属植物的植物化学研究中。

本文系统综述了鹰爪花属植物的化学成分和生物活性研究进展, 将为后期该属植物深度开发利用, 如药效物质基础、作用机制、生物活性的筛选和临床应用等提供科学依据。鹰爪花属植物的化学结构大都较常见, 不太复杂, 但有些却有很好的生物活性, 如具有过氧桥结构的鹰爪甲素的抗疟活性就很好, 只是因其含量低且不稳定, 难以满足临床需求, 因此未能进一步研究开发; 再如含量相对较多的阿朴菲生物碱鹅掌楸碱既有抗菌活性, 又具有细胞毒活性, 还有显著的抗血小板活性。另外鹰爪花属植物中的很多成分尚未被发现, 因此对鹰爪花属植物仍有巨大的探索空间, 期待新的碳骨架更多被发现为新药的遴选提供更多选择。

参考文献

1 Guangxi Zhuang Autonomous Region National Research Institute of Chinese Medicine. List of medicinal plants in Guangxi (广西药用植物名录) [M]. Guangxi: Guangxi People's

Publishing House, 1986: 53.

2 Zhu H, et al. Chinese Zhuang Medicine Illustration: Volume One (中国壮药图鉴: 上) [M]. Nanning: Guangxi Science and Technology Press, 2017: 277.

3 Plant Data Center of Chinese Academy of Sciences. Checklist of plant species in China (2023 Edition) [DB/OL]. (2023-05-22) [2023-07-25]. https://www.cvh.ac.cn/species/taxon_tree.php?type=gen¶m=Artabotrys.

4 Cave A, et al. Artavenustine, a catecholic berbine from *Artabotrys venustus* [J]. J Nat Prod, 1986, 49: 602-607.

5 Kato A, et al. Ionpair and ionsuppression high performance liquid chromatographic analysis of alkaloidal constituents of *Artabotrys monteiroae* [J]. Phytochem Anal, 1993, 4: 72-75.

6 Sagen AL, et al. Isoquinoline alkaloids from *Artabotrys brachypetalus* [J]. Biochem Syst Ecol, 2003, 31: 1447-1449.

7 Han CR, et al. Studies on the alkaloids from stem of *Artabotrys hainanensis* [J]. China J Chin Mater Med (中国中药杂志), 2005, 30: 1660-1662.

8 Zhou Q, et al. Bioactive benzylisoquinoline alkaloids from *Artabotrys hexapetalus* [J]. Phytochem Lett, 2015, 11: 296-300.

9 Zhou Q. Studies on the alkaloids and bioactivities of *Artabotrys hexapetalus* [D]. Haikou: Hainan Normal University (海南师范大学), 2015.

10 Hsieh TJ, et al. The alkaloids of *Artabotrys uncinatus* [J]. J Nat Prod, 2001, 64: 1157-1161.

11 Zhou Q, et al. Studies on the alkaloids from *Artabotrys hexapetalus* [J]. J Trop Subtrop Bot (热带亚热带植物学报), 2018, 26: 191-196.

12 Cortes D, et al. Norstrophalagine et atherospermidine, deux aporphines d'*Artabotrys maingayi* relaxantes du muscle lisse [J]. J Nat Prod, 1990, 53: 503-508.

13 Lan YH, et al. New constituents from stems of *Artabotrys uncinatus* [J]. Chem Pharm Bull, 2007, 55: 1597-1599.

14 Xin AY, et al. Research progress on aporphine alkaloids [J]. Chin Tradit Herb Drugs (中草药), 2018, 49: 712-724.

15 Shamma M, et al. Biogenetic pathways for the aporphinoid alkaloids [J]. Tetrahedron, 1984, 40: 4795-4822.

16 Eloumi-Ropivia J, et al. Isolation of a new alkaloid from *Artabotrys lastourvillensis* [J]. J Nat Prod, 1985, 48: 460-462.

17 Hsieh TJ, et al. Two new alkaloids from *Artabotrys uncinatus* [J]. J Nat Prod, 1999, 62: 1192-1193.

18 Chimeze VWN, et al. Dimeric dehydroaporphinoids with anti-plasmodial properties from the liana of *Artabotrys aurantiacus* (Annonaceae) [J]. Phytochem Lett, 2020, 38: 150-154.

19 Wu YC, et al. Cytotoxic aporphines from *Artabotrys uncinatus* and the structure and stereochemistry of artacinate [J].

- Phytochem, 1989, 28:2191-2195.
- 20 Sichaem J, et al. A new dimeric aporphine from the roots of *Artabotrys spinosus* [J]. *Fitoterapia*, 2011, 82:422-425.
- 21 Tan KK, et al. Cytotoxic aporphines from *Artabotrys crassifolius* [J]. *Nat Prod Commun*, 2016, 11:389-392.
- 22 Kithsiri Wijeratne EM, et al. *Artabotryne*: a novel bioactive alkaloid from *Artabotrys zeylanicus* [J]. *Tetrahedron*, 1995, 51:7877-7882.
- 23 Nyandoro SS, et al. New antimicrobial, mosquito larvicidal and other metabolites from two *Artabotrys* species [J]. *Nat Prod Res*, 2013, 27:1450-1458.
- 24 Wen Q, et al. Chemical constituents from stems and leaves of *Artabotrys hongkongensis* [J]. *Chin Tradit Herb Drugs* (中草药), 2019, 50:551-556.
- 25 Yu JG, et al. *neo*-Lignans and hemiterpenoid from the seeds of *Artabotrys hexapetalus* (Annonaceae) [J]. *J Chin Pharm Sci*, 2002, 11:4-10.
- 26 Xi FM, et al. Artaboterpenoids A and B, bisabolene-derived sesquiterpenoids from *Artabotrys hexapetalus* [J]. *Org Lett*, 2016, 18:3374-3377.
- 27 Liang XT, et al. Chemical structure of yingzaosu A [J]. *Acta Chim Sin* (化学学报), 1979, 37:215-230.
- 28 Liang XT, et al. Chemical structure of yingzaosu B [J]. *Acta Chim Sin* (化学学报), 1979, 37:231-240.
- 29 Xi FM, et al. Bioactive sesquiterpenoids from the roots of *Artabotrys hexapetalus* [J]. *Tetrahedron*, 2017, 73:571-582.
- 30 Wang TW. Study on structures and antitumor activities of chemical constituents from *Artabotrys pilosus* [D]. Changchun: Jilin Agricultural University (吉林农业大学), 2016.
- 31 Zhang L, et al. A new sesquiterpene peroxide (yingzhaosu C) and sesquiterpenol (yingzhaosu D) from *Artabotrys unciatus* (L.) Meer. [J]. *J Chem Soc Chem Commun*, 1988, 8:523-524.
- 32 Wu SL, et al. Sesquiterpenes from *Artabotrys hongkongensis* [J]. *China J Chin Mater Med* (中国中药杂志), 2017, 42:3146-3151.
- 33 Wen Q, et al. Bioactive eudesmane sesquiterpenes from *Artabotrys hongkongensis* Hance [J]. *Nat Prod Res*, 2020, 34:1687-1693.
- 34 Tang JY. Study on the chemical constituents and antitumor activities of *Artabotrys hainanensis* R. E. Fries [D]. Fuzhou: Fujian University of Tradition Chinese Medicine (福建中医药大学), 2018.
- 35 Fleischer TC, et al. Pogostol *O*-methyl ether and artabotrol: two novel sesquiterpenes from the stem bark of *Artabotrys stenopetalus* [J]. *J Nat Prod*, 1997, 60:1054-1056.
- 36 Chen GY, et al. Studies on sesquiterpenoids from the flowers of *Artabotrys hainanensis* [J]. *Chin Tradit Herb Drugs* (中草药), 2005, 36:1619-1620.
- 37 Murphy BT, et al. Antiproliferative compounds of *Artabotrys madagascariensis* from the Madagascar rainforest [J]. *Nat Prod Res*, 2008, 22:1169-1175.
- 38 Hasan CM, et al. Chemistry in the Annonaceae, XXIII. 24-methylene-lanosta-7,9(11)-dien-3 β -ol from *Artabotrys odoratissimus* stem bark [J]. *J Nat Prod*, 1987, 50:762-763.
- 39 Gupta C, et al. Artabotryols A-E, new lanostane triterpenes from the seeds of *Artabotrys odoratissimus* [J]. *Helv Chim Acta*, 2010, 93:1925-1932.
- 40 Wang TW, et al. Studies on chemical constituents from *Artabotrys pilosus* [J]. *Chin Tradit Herb Drugs* (中草药), 2016, 47:1670-1675.
- 41 Somanawat J, et al. Flavonoid and megastigmane glycosides from *Artabotrys hexapetalus* leaves [J]. *Biochem Syst Ecol*, 2012, 44:124-127.
- 42 Singh DK, et al. Antifungal activity of a phytoterpenoid (AOS-A) isolated from *Artabotrytis odoratissimus* on spore germination of some fungi [J]. *Mycobiology*, 2006, 34:120-123.
- 43 Tang JY, et al. A new polyoxygenated cyclohexene derivative from *Artabotrys hainanensis* [J]. *Nat Prod Res*, 2018, 32:1727-1732.
- 44 Liu YP, et al. Bioactive polyoxygenated seco-cyclohexenes from *Artabotrys hongkongensis* [J]. *Bioorg Chem*, 2017, 76:386-391.
- 45 Liu, YP, et al. A new polyoxygenated seco-cyclohexene derivative from *Artabotrys pilosus* [J]. *Chin J Org Chem* (有机化学), 2015, 35:1981-1984.
- 46 Li TM, et al. Flavonoids from *Artabotrys hexapetalus* [J]. *Phytochemistry*, 1997, 45:831-833.
- 47 Li TM, et al. Artubotryside A and B, two new flavonol glycosides from the leaves of *Artabotrys hexapetalus* (Annonaceae) [J]. *Chin Chem Lett* (中国化学快报), 1997, 8:43-46.
- 48 Singh JP, et al. Chemical Constituents of *Artabotrys odoratissimus* (seeds) [J]. *J Chem*, 2009, 2:156-158.
- 49 Singh N, et al. Anthraquinones from *Artabotrys odoratissimus* (leaves) [J]. *Indian J Chem B*, 2005, 44:1740-1741.
- 50 Wong HF, et al. beta-Methoxy-gamma-methylene-alpha, beta-unsaturated-gamma-butyrolactones from *Artabotrys hexapetalus* [J]. *Phytochemistry*, 2002, 59:99-104.
- 51 Bordoloi PK, et al. A long chain alkylated a-methylene-g-butyrolactone from *Artabotrys odoratissimus* fruit [J]. *Phytochem Lett*, 2009, 2:22-24.
- 52 Mehta BK, et al. Novel lipid constituents identified from the leaves of *Artabotrys odoratissimus* (R. Br) [J]. *Arabian J Chem*, 2012, 10:S742-S746.

- 53 Jain P, et al. Chemical examination of *Artabotrys odoratissimus* (leaves) [J]. *Indian J Chem B*, 1998, 37: 618-620.
- 54 Mehta BK, et al. Identification of novel aliphatic compounds from *Artabotrys odoratissimus* (leaves) [J]. *Indian J Chem*, 1999, 38: 1304-1306.
- 55 Wang Y, et al. GC-MS analysis and bioactivity of essential oil from *Artabotrys hexapetalus* [J]. *Chin J Exp Tradit Med Form* (中国实验方剂学杂志), 2013, 19: 100-103.
- 56 Srivastava B, et al. Efficacy of *Artabotrys odoratissimus* oil as a plant based antimicrobial against storage fungi and aflatoxin B1 secretion [J]. *Int J Food Sci Tech*, 2009, 44: 1909-1915.
- 57 Narayanappa VH, et al. Antifungal and antifumonisin activities of chemically characterized essential oil of *Artabotrys odoratissimus* [J]. *J Herbs Spices Med Plants*, 2018, 24: 394-406.
- 58 Gu GY, et al. Research on cytotoxic components of Annonaceae III [J]. *Drugs Clin* (现代药物与临床), 1995, 10: 153-156.
- 59 Yang YP, et al. Bioactivity and application of *Artabotrys* [J]. *Asia-Pac Tradit Med* (亚太传统医药), 2018, 14: 91-93.
- 60 Prakash AO. Biological evaluation of some medicinal plant extracts for contraceptive efficacy in female [J]. *Contracept Fertil Sex*, 1985, 13: 649-655.
- 61 Meghana P, et al. Phytochemical profiling and screening of protective effects of *Artabotrys odoratissimus* on H₂O₂ induced oxidative stress in HEK-293 cells and erythrocytes [J]. *Bot Lett*, 2020, 167: 1-14.
- 62 Zhang M, et al. Research progress of alkaloids and their bioactivity of Annonaceae family [J]. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 2014, 26: 787-799.

《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		