

# 艾草中倍半萜及其二聚体类化合物结构和药理活性研究进展

王 晴,李海舟\*

昆明理工大学生命科学与技术学院,昆明 650500

**摘要:**艾草(*Artemisia argyi*)为我国传统中药材。研究发现,艾草中富含多种有效成分,倍半萜类化合物是艾草的主要活性成分之一。按骨架类型可分为愈创木烷型、桉烷型和其他类型倍半萜。近年来,从艾草中分离得到的倍半萜及其二聚体不仅结构新颖且其药理活性也较为广泛包括抗炎,抗肿瘤,神经保护,抗菌和抗病毒等。本文重点整理了艾叶中少量化学成分倍半萜及其二聚体的结构、活性以及生源途径,以期为艾草的进一步研究提供合理的科学依据。

**关键词:**艾草;倍半萜;二聚倍半萜

中图分类号:R932

文献标识码:A

文章编号:1001-6880(2022)Suppl-0158-10

DOI:10.16333/j.1001-6880.2022.S.021

## Study on the structure and pharmacological activities of sesquiterpene and its dimer from *Artemisia argyi*

WANG Qing, Li Hai-zhou\*

Faculty of Life Science and Technology, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China

**Abstract:** *Artemisia argyi*, as a famous traditional Chinese medicine, is commonly known as Chinese mugwort (Aiye). Previous phytochemical investigation on *A. argyi* has led to discovery of many active ingredients. Among them, sesquiterpenes are one of the primary one. Based on the skeleton type, sesquiterpenes can be divided into the following types: guaiane-type, eudesmane-type and other types. Recently, comparatively minor amount of sesquiterpenes and its dimers are being the most popular metabolites of this plant owing to their great structural variety and widely ranging of biological activities, including anti-inflammatory, anti-tumor, neuroprotective, antibacterial, antiviral activities, etc. Herein, this review will primarily focus on the structural and biological activities, as well as biosynthetic pathways of sesquiterpenes and sesquiterpenes dimers in *A. argyi*, hoping to provide a scientific basis for further research on *A. argyi*.

**Key words:** *Artemisia argyi*; sesquiterpenes; sesquiterpenes dimers

艾是传统中医药最早使用的植物之一,可食用(如艾团)、药用(具温经止血,散寒止痛功效)、熏灸或药草浴。艾叶来自菊科蒿属艾草(*Artemisia argyi*)的干燥叶,我国各地均产,但由于各地环境的差异,形成了多种特色的品系,其中最为主要的包括蕲艾(湖北蕲春、安徽霍山、江西樟树)和南阳艾(河南南阳、山西鄆城和河北安国)等<sup>[1-3]</sup>。此外,变种朝鲜艾(*A. argyi* var. *gracilis*)以及野艾蒿(*A. lavandulaefolia*)、蒙古蒿(*A. mongolica*)、湘赣艾(*A. gilvencens*)、南艾蒿(*A. verlotorum*)、白叶蒿(*A. leucophylla*)等近缘种亦作地方习用品种。

现代药理研究发现艾及其化学成分具有抗氧化<sup>[4]</sup>、抗肿瘤<sup>[5]</sup>、抗炎<sup>[6]</sup>、免疫调节<sup>[7]</sup>、抗菌杀虫<sup>[8]</sup>、保肝利胆<sup>[9]</sup>、止血及抗凝血<sup>[10]</sup>等生理作用。艾草的化学成分复杂且多样,包括挥发油(essential oil)组分和非挥发性的黄酮、有机酸、倍半萜以及多糖等成分<sup>[11]</sup>。挥发油收率约1.33%,主要为单萜及其含氧衍生物,如1,8-桉叶油素(1,8-cineole)、石竹烯/水合桉烯(camphene hydrate)、樟脑、龙脑(borneol)等,且部分产地的艾叶存在较高含量的致癌性成分侧柏酮(thujone)。黄酮在艾叶中含量较高(13.42%),以棕矢车菊素(jaceosidin)和异泽兰黄素(eupatilin)等甲氧基黄酮为特征,具有抗炎和抗氧化作用。此外,具有抗菌、抗炎活性的咖啡酰奎宁

酸类酚化化合物亦是其主要活性成分,其中绿原酸(c chlorogenic acid)、3,4-二咖啡酰奎宁酸(3,4-diCQA)、3,5-二咖啡酰奎宁酸(3,5-diCQA)、4,5-二咖啡酰奎宁酸(4,5-diCQA)含量达0.07%~1.08%、0.08%~0.61%、0.31%~1.66%、0.19%~0.55%。而近年来从艾叶中发现的倍半萜,特别是其二聚体是研究的热点,本文总结整理了其种类、生理活性、结构特征及生源途径。

## 1 倍半萜

### 1.1 艾叶中的倍半萜

艾叶中的倍半萜类型主要包括愈创木烷型(guaiane)、吉玛烷型(germacrane)、桉烷型(eudesmane)、杜松烷型(cadinane)和石竹烷型等。

#### 1.1.1 愈创木烷型(guaiane)

愈创木烷型倍半萜是从艾叶及其内生真菌中分离出的最多的一种双环倍半萜,该类化合物在艾叶中的主要存在形式为愈创木内酯型结构(guianolide)或通过C-1/C-10或C-4/C-5位置开环而形成

的单环或链状愈创木内酯结构即1,10-seco-guaianolide或1,10-4,5-diseco-guaianolide。这类化合物多具有抗炎、抗肿瘤,抗菌和抗真菌等生物活性。

艾叶中的愈创木烷型倍半萜其结构基本母核是由一个五元环和一个七元环骈合而成的一类具有15个碳原子的化合物,基本骨架如图1中guaiane所示。此类倍半萜结构多样,取代基的类型和取代位点的多样性使得该类化合物结构变化较大,其中C-1-C-5位形成的五元环是变化最大的结构片段,C-1和C-2、C-2和C-3、C-3和C-4、C-4和C-5处均可形成环氧桥。此外,羟基,烯键和甲基也是最常见的取代基团。艾叶中分离得到的倍半萜结构上均存在 $\alpha$ -亚甲基- $\gamma$ -内酯( $\alpha$ M $\gamma$ L)环,这一内酯环结构片段有助于[4+2]或[2+2]环加成反应形成二聚倍半萜。据报道,目前从艾叶中分离得到的倍半萜二聚体中,愈创木内酯型倍半萜是倍半萜二聚体中存在最多的单体。从艾叶中分离得到的愈创木烷型倍半萜结构类型主要如图2所示<sup>[12-22]</sup>。

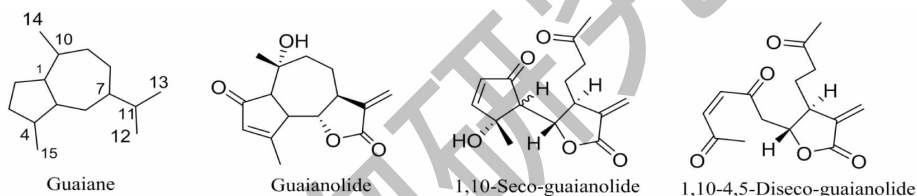


图1 艾叶中愈创木烷型倍半萜的不同结构

Fig. 1 Different structures of guaiane-type sesquiterpenes in *A. argyi*

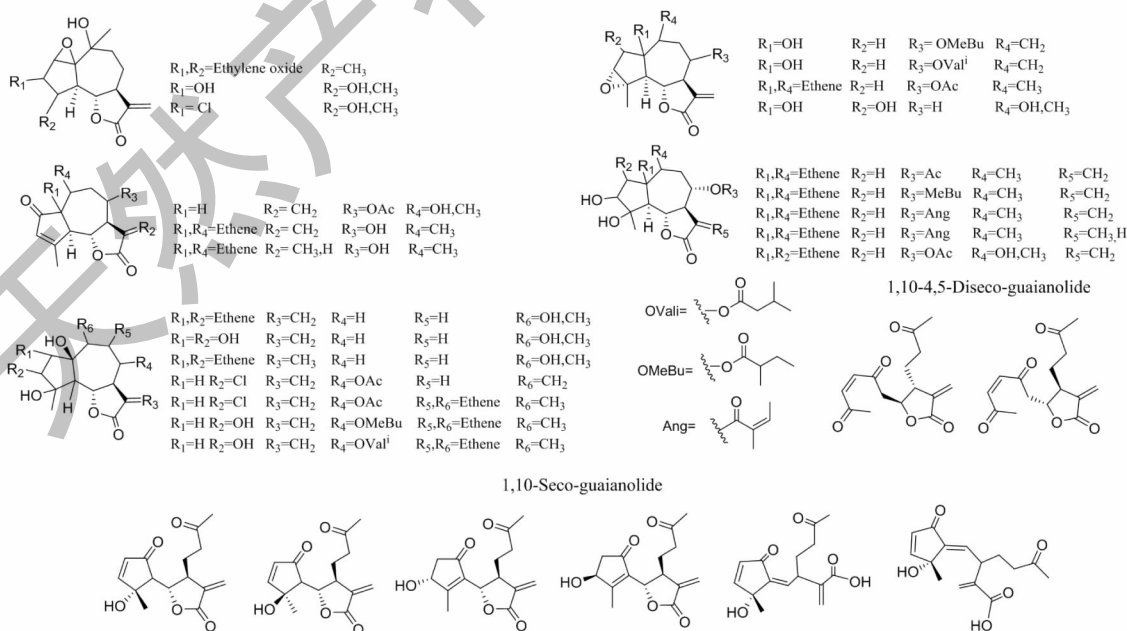


图2 艾叶中愈创木烷型倍半萜的结构

Fig. 2 Structures of guaiane-type sesquiterpenes in *A. argyi*

### 1.1.2 桉烷型(eudesmane)

艾叶中,桉烷型倍半萜<sup>[15,16,18,20,21,23-25]</sup>是仅次于愈创木烷型倍半萜最常见的类型。该类倍半萜结构上由两个六元环联合而成。如图3所示,桉烷型倍半萜结构类型主要包括以下三类:C-6和C-7位无内酯环取代;C-6和C-7位被内酯环取代以及C-7和C-8位被内酯环取代。在这些化学结构中,环外羟

基,羰基,甲基和亚甲基以及环内双键等的取代及其取代位点的多样性都使得此类倍半萜结构具有多样性特点。此外,从艾叶中分离出的倍半萜二聚体 artemilinin,是唯一一种结构上由桉烷型倍半萜 2-naphthaleneacetic acid 和愈创木内酯型倍半萜通过酯化反应所形成的。这些化合物多具有抗炎,抗肿瘤,神经保护及抗病毒等生物活性。

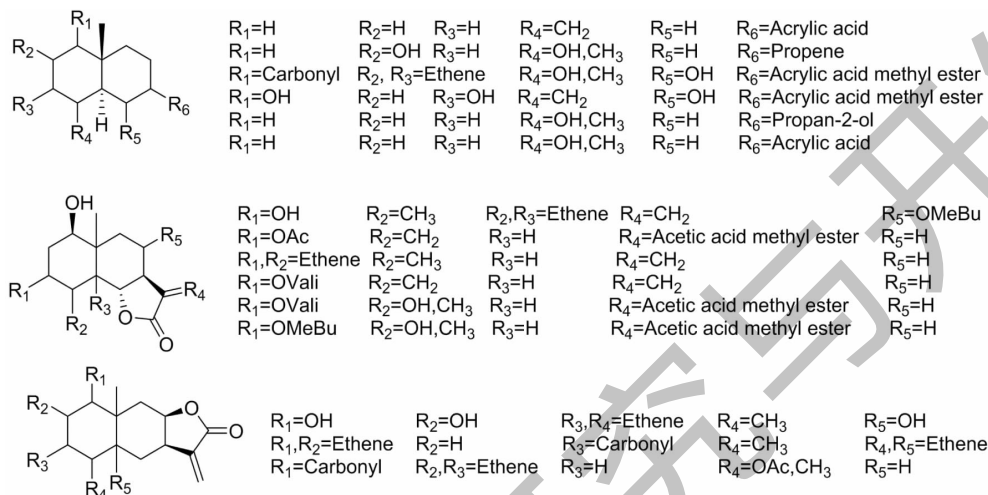


图3 艾叶中桉烷型倍半萜的结构

Fig. 3 Structures of eudesmane-type sesquiterpenes in *A. argyi*

### 1.1.3 其他类型的倍半萜

除了以上两种常见的倍半萜之外,目前从艾叶中还分离出吉玛烷型<sup>[22]</sup>(germacrane)、杜松烷型(cadinane)、松香烷型<sup>[22]</sup>(cedrane)、石竹烷型(car-

ryophyllane)<sup>[26,27]</sup>和长叶蒎烷型(longipinane)倍半萜。这几种倍半萜类化合物在艾叶中的含量较少,主要成分如图4所示。

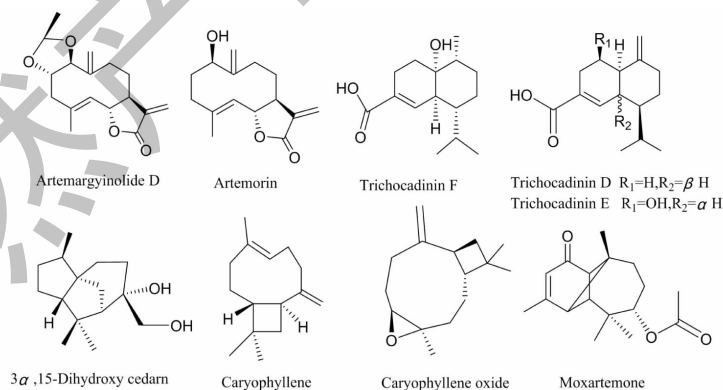


图4 艾叶中其他类型倍半萜的结构

Fig. 4 Structures of other types of sesquiterpenes in *A. argyi*

## 2 艾叶中的倍半萜二聚体

二聚倍半萜类化合物是由两个倍半萜单元通过酶促 Diels-Alder 反应环合或酯键连接而成的一大类 C30 骨架化合物,主要分布于菊科(Compositae)植物

中<sup>[28]</sup>。目前发现的二聚倍半萜类成分在蒿属植物中的含量很低,多数是微量成分且因其单体结合位点多样,使其结构新颖、变化多样。此外,研究表明,部分化合物还具有显著的生物活性<sup>[29-31]</sup>,这使其逐

渐成为天然产物研究中的一个热点。接下来将以其化学结构和生源途径为重点,对倍半萜二聚体进行归纳总结。

## 2.1 由[4+2]环加成反应聚合而成的倍半萜二聚体

### 2.1.1 愈创木内酯和单萜聚合而成的倍半萜二聚体

DSF-52 和 artemisolide<sup>[30]</sup>,如图 5 所示,是目前从艾叶中分离出的仅有的两种倍半萜和单萜聚合的二聚体。二者具有相同的母体结构仅在 C-10 位存在差异(二者绝对构型依次为:1*R*,4*R*,5*S*,6*S*,7*S*,

10*S*,3'*S*,4'*S*,5'*S*;1*R*,4*R*,5*S*,6*S*,7*S*,10*R*,3'*S*,4'*S*,5'*S*),是一对差向异构体。根据其生源途径(如图 6)可知,该类二聚体的结合位点在  $\Delta 1(2)$ ,3(4) 两个双键上,由愈创木内酯倍半萜和侧柏烷型单萜通过 [4+2] 环加成反应聚合而成。活性测试结果表明,尽管结构中含有  $\alpha$ -亚甲基- $\gamma$ -内酯( $\alpha$ M $\gamma$ L) 基团,但二者均未对癌细胞系显示出细胞毒性。此外,与细胞毒活性不同,这两个差向异构体对 NO 的抑制作用几乎不受 C-10 位构型差异的影响,均显示出出色的 NO 抑制作用<sup>[32]</sup>。

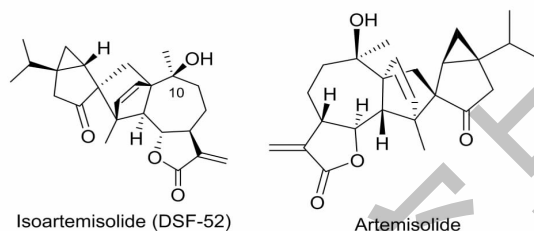


图 5 化合物 isoartemisolid (DSF-52) 和 artemisolide 的化学结构

Fig. 5 Structures of isoartemisolid (DSF-52) and artemisolide

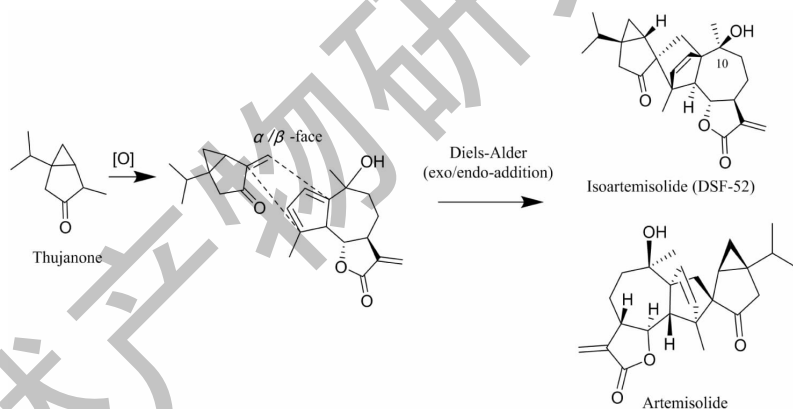


图 6 化合物 DSF-52 和 artemisolide 的生源途径

Fig. 6 Plausible biosynthetic pathway of DSF-52 and artemisolide

### 2.1.2 两个愈创木内酯型倍半萜聚合而成的倍半萜二聚体

如图 7 所示,arteminolides A ~ D 为内型异构体,四种二聚体的不同之处在于 C-8 位取代基的不同。核磁数据显示,arteminolide B 的侧链为 3'',3''-二甲基丙烯酰基,且较 artanomaloide A 多了两个质子。Arteminolides C 和 D 的甲基位置和 arteminolide B 不同,二者在 C-2'' 和 C-3'' 均具有甲基。Arteminolide D 为顺式结构,arteminolide C 为反式结构。Artanomaloide 和 artanomaloide A、artanomaloide C 为外

型异构体,它们之间的差异也在于 C-8 位不同的取代基。Artanomaloide C-8 位没有取代基,而 artanomaloide A 和 artanomaloide C 取代基的不同在于 C-2'',C-3'' 位置的饱和程度及其甲基的取代位置。生源途径(如图 8)所示,化合物 A/B 均存在  $\alpha$ -亚甲基- $\gamma$ -内酯( $\alpha$ M $\gamma$ L) 结构,这一结构使得两个不同的愈创木内酯单体 A 和 B 可以通过 [4+2] 环加成反应环合成二聚倍半萜。且因同样为 [4+2] 环加成反应,故结构中也含有双环 [2.2.1] 庚-2-烯的片段。此外,研究发现,arteminolides A ~ D 被证明是法呢

基蛋白转移酶(FPTase)的新型抑制剂,可以用作抗 ras 突变的人类癌症或多种人类癌症的抗肿瘤

药<sup>[33]</sup>。

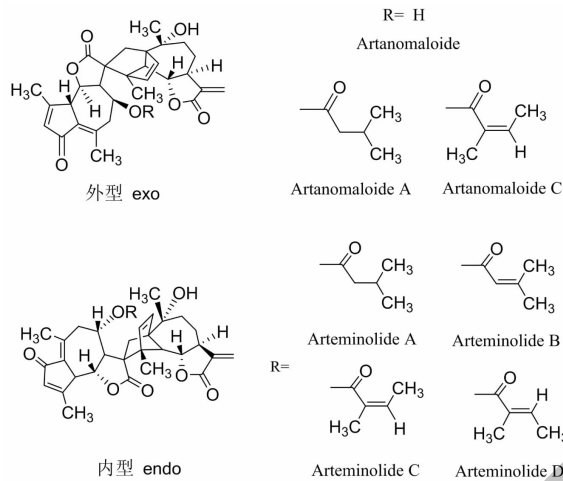


图7 化合物 artanomaloid、artanomaloid A、artanomaloid C 和 arteminolides A~D 的结构  
Fig. 7 Structures of artanomaloid, artanomaloid A, artanomaloid C and arteminolides A-D

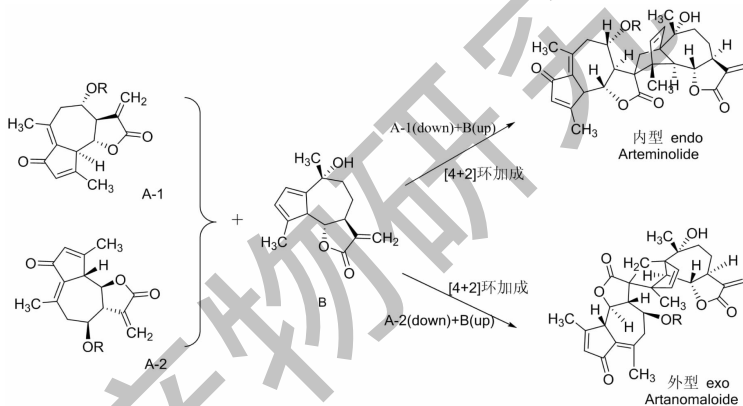


图8 化合物 arteminolide 和 artanomaloid 的生源途径

Fig. 8 Plausible biosynthetic pathway of arteminolide and artanomaloid

2.1.3 愈创木内酯单元和开环倍半萜杂聚形成的倍半萜二聚体

2.1.3.1 1,10-Seco-guaianolide 和愈创木内酯杂聚  
如图9所示,artemisanins A~D 是由 1,10-seco-guaianolide 和愈创木内酯单元通过[4+2]环合

而成的倍半萜二聚体,活性研究发现它们可以通过增强内质网应激反应诱导细胞凋亡<sup>[34]</sup>。根据其生源途径(图10),可分为两大类:artemisanin A/C 和 artemisanin B/D。这两类化合物的不同点在于 C-11 位的绝对构型差异,artemisanin A/C 中 C-11 位

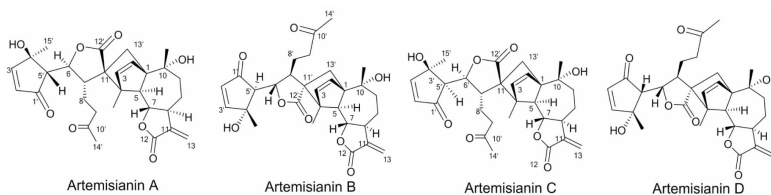


图9 化合物 artemisanins A~D 的化学结构

Fig. 9 Structures of artemisanins A-D

为 *R* 型,相反 artemisinin B/D 中 C-11 位为 *S* 构型。形成这种现象的原因在于二者环加成反应的底物不同。如图 10 所示,单元 A 和单元 B 是这四种二聚体的组成单元。单元 A 中有两种构型的 1,10-开环愈创木内酯结构(1(5*S*)和 2(5*R*)),二者区别在于 C-5 的构型。这一构型差异是造成二聚体构型多样的原因之一。据析,单元 A 可从  $\alpha/\beta$  面分别进攻单

元 B 的  $\alpha/\beta$  面。但由于单元 B 中 C-14'位甲基位于双烯体结构的  $\beta$  面,故因为空间排斥作用,单元 A 只能进攻单元 B 的  $\alpha$  面分别得到 artemisinin A/C (11*R*)和 artemisinin B/D (11*S*)。此外,在 *R/S* 构型的指认上采取了 ECD 电子圆二色谱的量子化学计算法,通过对比 ECD 的计算光谱和实验光谱即可确定以上四种二聚体手性中心的绝对构型。

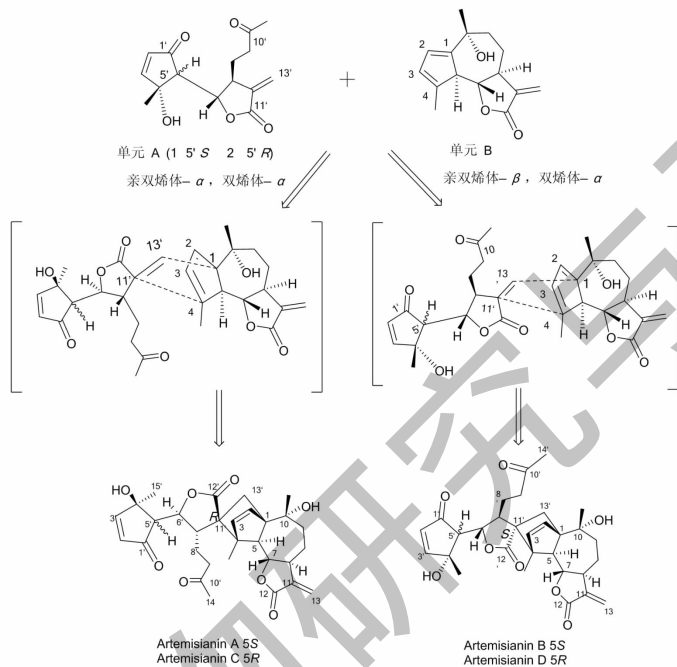


图 10 化合物 artemisinin A ~ D 的生源途径

Fig. 10 Plausible biosynthetic pathway of artemisinin A-D

### 2.1.3.2 1,10-4,5-diseco-Guaianolide 和愈创木内酯杂聚

Artemisians A ~ D 是在 LC-MS 指导下发现的两对头对头 (artemisians A/C) 或头对尾 (artemisians B/D) 聚合的倍半萜二聚体,如图 11。分析发现,这四种二聚体不是由常见的  $\alpha$ -亚甲基( $\Delta$ 11-13)参与的 DA 环加成物而是由 1,10-4,5-二开环-愈创木内酯和  $\Delta$ 1(2),4(5) 或  $\Delta$ 1(5),3(4) 愈创木内酯二烯

体通过 [4 + 2] 环合而成的二聚体。如图 12,化合物 7 被推测是 1,10-4,5-diseco-guaianolide (I) 的可能前体。其经过水解消除,与单线态氧 [4 + 2] 环合, C-4/C-5 开环的一系列反应得到 1,10-4,5-二裂愈创木内酯化合物 (I)。其中  $\Delta$ 2(3) 位双键可作为亲双烯体发生 [4 + 2] 环加成反应。研究表明,artemisians B 在 MDA-MB-468 细胞中可通过凋亡诱导和 G2/M 阻滞表现出显著的抗增殖活性<sup>[35]</sup>。

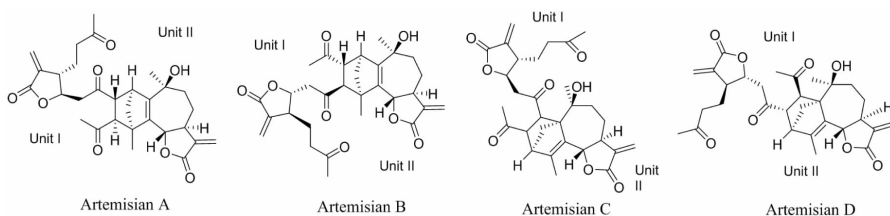


图 11 化合物 artemisians A ~ D 的化学结构

Fig. 11 Structures of artemisians A-D

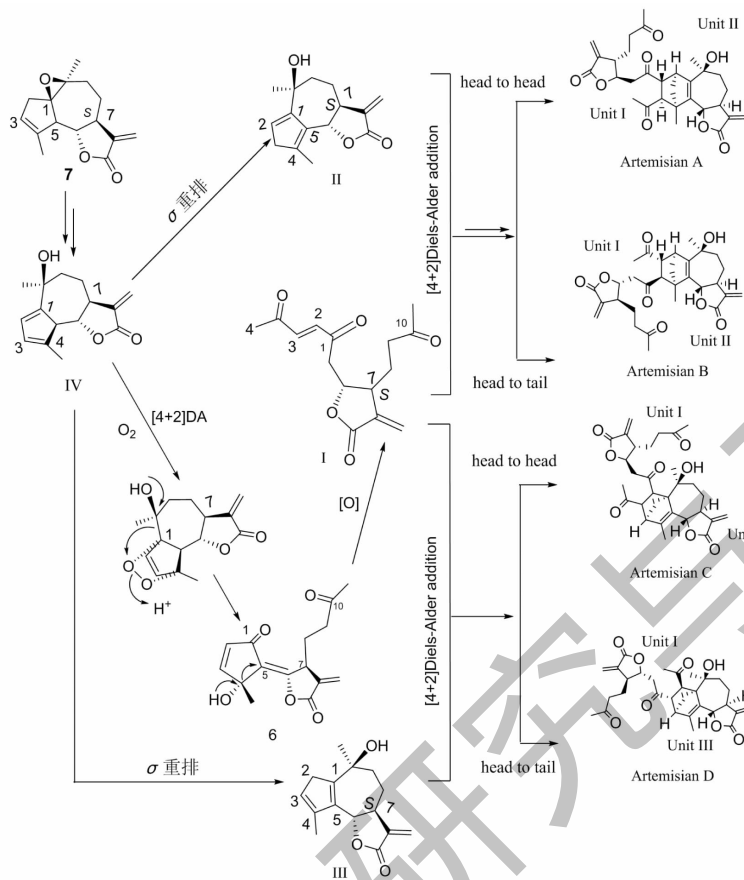


图 12 化合物 artemisians A ~ D 的生源途径

Fig. 12 Plausible biosynthetic pathway of artemisians A-D

如图 12 所示, artemisians B/D 是一对头对尾的二聚倍半萜, 二者的区别在于 DA 环加成的作用位点不同, artemisian B 是  $\Delta 2'-3'$  位双键进攻  $\Delta 1(2), 4(5)$  二烯体, 而 artemisian D 是  $\Delta 2'-3'$  位双键进攻  $\Delta 1(5), 3(4)$  二烯体。

## 2.2 通过酯键相连的倍半萜二聚体

2.2.1 1,10-Seco-guaianolide 与愈创木内酯聚合而成的二聚体

如图 13, artemisiane A 是由 1,10-seco-guaianolide 和愈创木内酯通过酯键相连的二聚体, 其中 C-4

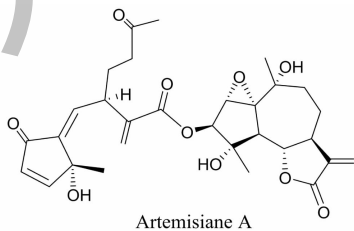


图 13 化合物 artemisiane A 的化学结构

Fig. 13 Structure of artemisiane A

位为  $\beta\text{-CH}_3$ ; C-5 位为反式结构, 二者结合位点在空间阻力较小的 C-3' (-OH) 位。

2.2.2 两个 1,10-seco-guaianolide 聚合而成的二聚体

如图 14, artemisians B ~ D 是从蕪艾叶中被分离出其含量依次为 8.0、7.6 和 14.0 mg。其中 heptanoic acid 最先在菊科藜属千叶蓍 (*Achillea millefolium*) 中被分离出。此外, 图 14 中二聚倍半萜都是

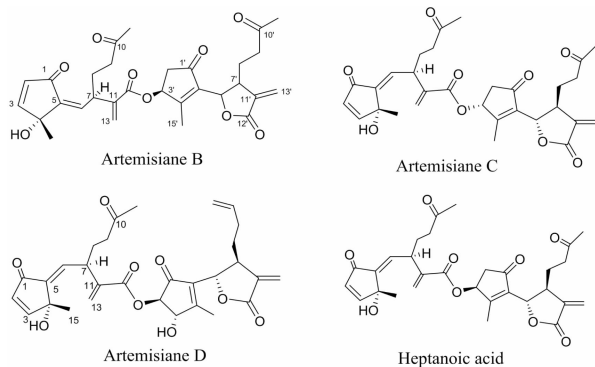


图 14 化合物 artemisians B ~ D 和 heptanoic acid 的化学结构

Fig. 14 Structures of artemisians B-D and heptanoic acid

由 C-1/C-10 开环的愈创木内酯通过酯键连接而成。酯键的连接位点以及 C-5 位的顺反异构差异促使倍半萜二聚体结构具有多样性。活性结果显示, artemisanes A ~ D 对 NO 表现出抑制活性,  $IC_{50}$  值在 7.02 至 32.1  $\mu\text{M}$  之间。且进一步研究表明 artemisiane B 可以通过抑制 iNOS 的表达来抑制炎症反应<sup>[36]</sup>。

### 2.2.3 由桉烷型倍半萜和愈创木内酯聚合而成的二聚体

在艾叶中, artemilinin (如图 15) 是唯一一个由桉烷型倍半萜 2-naphthaleneacetic acid 和愈创木内酯聚合而成的二聚体。2-Naphthaleneacetic acid 结构中存在羧基取代基, 这一基团可以与愈创木内酯倍半萜 C-3 位羟基发生酯化反应, 形成二聚倍半萜 artemilinin。

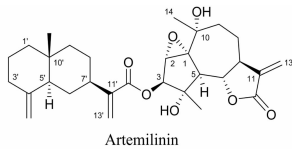


图 15 化合物 artemilinin 的化学结构

Fig. 15 Structure of artemilinin

## 3 结语

总而言之, 艾草 (*Artemisia argyi*) 是中国乃至东亚最受欢迎的植株, 其药食同源的特性为维护人们的健康提供了多种益处<sup>[45-47]</sup>。近年来艾叶中的倍半萜, 特别是其二聚体是研究的热点。现代药理研究发现艾叶中倍半萜类化合物具有抗肿瘤、抗炎、免疫调节、抗菌等多种生物活性<sup>[48,49]</sup>。此外, 艾叶中痕量的倍半萜二聚体也被证明具有较强的抗肿瘤, 神经保护和 NO 抑制作用<sup>[32,50]</sup>。

虽然目前从菊科蒿属艾蒿组植物艾中分离出的倍半萜二聚体的结构类型较少, 但基于以上对倍半萜结构类型的总结, 可以得出以下分析结果:

艾叶中的愈创木烷型倍半萜结构中大多存在  $\alpha$ -亚甲基- $\gamma$ -内酯 ( $\alpha\text{M}\gamma\text{L}$ ) 环, 这一结构片段有助于 [4+2] 或 [2+2] 环加成反应形成二聚倍半萜。此外, 桉烷型倍半萜结构中的  $\alpha, \beta$  不饱和羰基结构和空间位阻较小的羟基取代基都能为桉烷型倍半萜聚合成二聚体提供更多可能。再者, 吉玛烷型倍半萜 artemarginolide D 和 artemorin 以及杜松烷型倍半萜 trichocadinins D ~ F 结构中也包括  $\alpha$ -亚甲基- $\gamma$ -内酯 ( $\alpha\text{M}\gamma\text{L}$ ) 或羧基结构, 松香烷型 3 $\alpha, 15$ -dihydroxy ce-

darn 结构中也存在空间位阻较小的羟基, 这些基团的存在都为倍半萜二聚体的形成提供可能。故推测: 虽然到目前为止从艾叶中分离得到的倍半萜二聚体结构类型较少, 但就以上艾叶中存在的倍半萜结构而言不排除还有更多其他结构类型的倍半萜二聚体存在的可能。因此, 相信艾叶中仍存在多种其他新颖类型的倍半萜二聚体等待进一步分离。

## 参考文献

- 1 Guo L, et al. Comparison of *Artemisiae Argyi Folium* and *Artemisiae Lavandulaefoliae Folium* by simultaneous determination of multi-components with single reference standard method and chemometric analysis [J]. *Phytochem Anal*, 2019, 30(1): 14-25.
- 2 Lee MY, et al. Development of SCAR marker for discrimination of *Artemisia princeps* and *A. argyi* from other *Artemisia* herbs [J]. *Biol Pharm Bull*, 2006, 29: 629-633.
- 3 Cheng C, et al. Direct identification of *Artemisia argyi*, *Artemisia dubia* and *Artemisia lavandulaefolia* by FTIR [J]. *J Chin Med Mater (中草药)*, 2002, 25: 315-317.
- 4 Deng JP, et al. Evaluation of antioxidative capacity of *Artemisiae Argyi Folium in vitro* [C]. San Francisco: Biophotonics and Immune Responses XIV, 2019.
- 5 Lee TE, et al. Antiproliferative effect of *Artemisia argyi* extract against J774A. 1 cells and subcellular superoxide dismutase (SOD) activity changes [J]. *J Biochem Mol Biol*, 1999, 32: 585-593.
- 6 Ge YB, et al. Anti-inflammatory and blood stasis activities of essential oil extracted from *Artemisia argyi* leaf in animals [J]. *J Nat Med*, 2016, 70: 531-538.
- 7 Zimmermann-Klemd AM, et al. Immunosuppressive activity of *Artemisia argyi* [J]. *Planta Med*, 2019, 85: 1398-1398.
- 8 Ahmed M, et al. Insecticidal activity and biochemical composition of *Citrullus colocynthis*, *Cannabis indica* and *Artemisia argyi* extracts against cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae* L.) [J]. *Sci Rep*, 2020, 10(1): 522-531.
- 9 Liu H, et al. Molecular network-based analysis of the mechanism of liver injury induced by volatile oils from *Artemisiae argyi folium* [J]. *BMC Complement Altern Med*, 2017, 17(1): 491-499.
- 10 Zhong YR, et al. Effective chemical constituents of *Artemisia argyi* Levl. et Vant for inhibition of platelet aggregation [J]. *China J Chin Mater Med (中国中药杂志)*, 1992, 17: 353-354.
- 11 Song XW, et al. Phytochemical components and biological activities of *Artemisia argyi* [J]. *J Funct Foods*, 2019, 52: 648-



- 662.
- 12 Sanz JF, et al. Sesquiterpene lactones from *Artemisia hispanica* [J]. *Phytochemistry*, 1988, 28:2163-2167.
- 13 Ahmed A, et al. Ligustolide A and B, two novel sesquiterpenes with rare skeletons and three 1,10-seco-guaianolide derivatives from *Achillea ligustica* [J]. *Tetrahedron*, 2003, 59:3729-3735.
- 14 Werner I, et al. Sesquiterpenes from *Achillea pannonica* Scheele [J]. *Z Naturforsch CJ Biosci*, 2003, 58:303-307.
- 15 Wen J, et al. Dimeric guaianolides and sesquiterpenoids from *Artemisia anomala* [J]. *J Nat Prod*, 2010, 73:67-70.
- 16 Zan K, et al. A new 1,10-secoguaianolide from the aerial parts of *Artemisia anomala* [J]. *Chin J Nat Med (中国天然药物)*, 2012, 10:358-362.
- 17 Zhang LB, et al. Chemical constituents from *Artemisia argyi* and their chemotaxonomic significance [J]. *Biochem Syst Ecol*, 2013, 50:455-458.
- 18 Wang S, et al. Sesquiterpenes from *Artemisia argyi*: absolute configurations and biological activities [J]. *Eur J Org Chem*, 2014, 5:973-983.
- 19 Feng J, et al. Sesquiterpene lactones from *Artemisia capillaris* [J]. *Chem Nat Compd +*, 2017, 53:978-979.
- 20 Reinhardt JK, et al. Sesquiterpene lactones from *Artemisia argyi*: absolute configuration and immunosuppressant activity [J]. *J Nat Prod*, 2019, 82:1424-1433.
- 21 Zhang L, et al. Three new sesquiterpenoids with cytotoxic activity from *Artemisia argyi* [J]. *Nat Prod Res*, 2021, 35:893-899.
- 22 Zhang LB, et al. Sesquiterpenoids from *Artemisia argyi* and their COXs inhibitory activities [J]. *Fitoterapia*, 2019, 139:104372.
- 23 Brown GD, et al. Terpenoids from the seeds of *Artemisia annua* [J]. *Phytochemistry*, 2003, 64:303-323.
- 24 Zan K, et al. Two new cytotoxic eudesmane sesquiterpenoids from *Artemisia anomala* [J]. *Phytochem Lett*, 2012, 5:313-315.
- 25 Lan XY, et al. Research progress on chemical constituents from *Artemisiae Argyi Foliu* and their pharmacological activities and quality control [J]. *China J Chin Mater Med (中国中药杂志)*, 2020, 45:4017-4030.
- 26 Zhang WJ, et al. Bioactivity of essential oil of *Artemisia argyi* Levl. et Van. and its main compounds against *Lasioderma serricorne* [J]. *J Oleo Sci*, 2014, 63:829-837.
- 27 Wu J, et al. Terpenoids and flavonoids from *Podocarpus wallichiana* [J]. *Chem Nat Compd +*, 2017, 53:1163-1164.
- 28 Xue GM, et al. Sesquiterpenoids from *Artemisia argyi* and their NO production inhibitory activity in RAW 264.7 cells [J]. *Nat Prod Res*, 2021, 35:2887-2894.
- 29 Zhang C, et al. Nitric oxide inhibitory dimeric sesquiterpenoids from *Artemisia rupestris* [J]. *J Nat Prod*, 2016, 79(1):213-223.
- 30 Jong HK, et al. New sesquiterpene-monoterpene lactone, artemisolide, isolated from *Artemisia argyi* [J]. *Tetrahedron Lett*, 2002, 43:6205-6208.
- 31 Zhang YL, et al. Rare dimeric guaianes from *Xylopiavielana* and their multidrug resistance reversal activity [J]. *Phytochemistry*, 2019, 158:26-34.
- 32 Zeng KW, et al. Sesquiterpene dimer (DSF-52) from *Artemisia argyi* inhibits microglia-mediated neuroinflammation via suppression of NF-kappaB, JNK/p38 MAPKs and Jak2/Stat3 signaling pathways [J]. *Phytochemistry*, 2014, 21:298-306.
- 33 Lee SH, et al. Arteminolides B, C, and D, new inhibitors of farnesyl protein transferase from *Artemisia argyi* [J]. *J Org Chem*, 2002, 67:7670-7675.
- 34 Xue GM, et al. Artemisianins A-D, new stereoisomers of seco-guaianolide involved heterodimeric [4+2] adducts from *Artemisia argyi* induce apoptosis via enhancement of endoplasmic reticulum stress [J]. *Bioorg Chem*, 2019, 84:295-301.
- 35 Xue GM, et al. Artemisianins A-D, diseco-guaianolide involved heterodimeric [4+2] adducts from *Artemisia argyi* [J]. *Org Lett*, 2017, 19:5410-5413.
- 36 Xue GM, et al. Lactone ring-opening seco-guaianolide involved heterodimers linked via an ester bond from *Artemisia argyi* with NO inhibitory activity [J]. *Fitoterapia*, 2019, 132:94-100.
- 37 Yin MZ, et al. Activative effect of *Artemisia Argyi* polysaccharide on mouse's macrophagocyte [C]. *Isbe 2011; 2011 International Conference on Biomedicine and Engineering (2011 国际生物医学与工程会议)*, 2011, 3:136.
- 38 Zhang X, et al. *Glycomyces artemisiae* sp. nov., an endophytic actinomycete isolated from the roots of *Artemisia argyi* [J]. *Int J Syst Evol Microbiol*, 2014, 64:3492-3495.
- 39 Zhang LB, et al. Triterpenoids with alpha-glucosidase inhibitory activity from *Artemisia argyi* [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2020, 22:241-248.
- 40 Bao XL, et al. Antitumor and immunomodulatory activities of a polysaccharide from *Artemisia argyi* [J]. *Carbohydr Polym*, 2013, 98:1236-1243.
- 41 Ye CL, et al. Optimization of extraction process and antioxidant activity of polysaccharides from leaves of *Artemisia argyi* Levl. et Vant [J]. *J Food Process Pres*, 2015, 39:1309-1317.
- 42 Xin PL, et al. Research on active selenium polysaccharide in *Artemisia argyi* [J]. *Adv Mater Res*, 2013, 634-638(1):1054-1057.