

# 薇甘菊叶的化学成分及抑菌活性研究

马秋<sup>1,2</sup>, 王照国<sup>1,2</sup>, 杨雪<sup>1,2</sup>, 李奕<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>贵州医科大学省部共建药用植物功效与利用国家重点实验室;

<sup>2</sup>贵州省中国科学院天然产物化学重点实验室/贵州省天然药物工程研究中心, 贵阳 550014

**摘要:**薇甘菊(*Mikania micrantha* H. B. K)是一种入侵植物,已对入侵地的健康生态环境造成不利影响;本文采用硅胶柱色谱分离纯化方法,研究薇甘菊叶的化学成分,分离得到9个化合物,分别为十三烷酸甲酯(1)、(Z)-6-十九碳烯酸(2)、植酸棕榈酸酯(3)、十六烷酸(4)、 $\alpha$ -生育酚醌(5)、黑麦草内酯(6)、豆甾醇(7)、薇甘菊内酯(8)和二氢薇甘菊内酯(9),其中1~6均为首次从薇甘菊中分离得到。采用肉汤二倍稀释法对化合物1~9进行抑菌活性测试,结果显示化合物8和9对所测受试菌都有抑菌活性,最小抑菌浓度均为500 mg/L。

**关键词:**薇甘菊;抑菌活性;化学成分

中图分类号:R284.2

文献标识码:A

文章编号:1001-6880(2020)12-2061-05

DOI:10.16333/j.1001-6880.2020.12.010

## Study on chemical composition and antibacterial activity of the leaves of *Mikania micrantha* H. B. K.

MA Qiu<sup>1,2</sup>, WANG Zhao-guo<sup>1,2</sup>, YANG Xue<sup>1,2</sup>, LI Yan<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>State Key Laboratory of Functions and Applications of Medicinal Plants;

<sup>2</sup>The Key Laboratory of Chemistry for Natural Products of Guizhou Province and Chinese

Academy of Sciences/Guizhou Provincial Engineering Research Center for Natural Drugs, Guiyang 550014, China

**Abstract:** *Mikania micrantha* H. B. K is the most invasive plants in the world. The damage has severely affected the economic development of the invaded area; Nine compounds were isolated from the leaves of *M. micrantha* plants method through silica gel column chromatography, which were methyl tridecanoate (1), (Z)-6-nonadecenoic acid (2), phytol palmitate (3), palmitic acid (4),  $\alpha$ -tocopherolquinone (5), loliolide (6), stigmaterol (7), mikanolide (8), and dihydromikanolide (9) were isolated from leaves of *M. micrantha* by chromatography method. Their structures were elucidated on the basis of spectroscopic evidence. Compounds 1-6 were isolated from *M. micrantha* for the first time. The doubling dilution method of broth was used to test the antibacterial activity of compounds 1-9. The results showed that compounds 8 and 9 had antibacterial activity against the tested bacteria, and the minimum inhibitory concentration was 500 mg/L.

**Key words:** *Mikania micrantha*; antibacterial activity; chemical composition

薇甘菊(*Mikania micrantha* H. B. K)为菊科假泽兰属,是世界上最有害的10种外来入侵物种之一。原产于中南美洲,是一种生长迅速的多年生杂草,自1980年代开始在中国南方出现,已对入侵地的生物多样性和人类生存环境造成了严重的危害<sup>[1]</sup>。

近年来,开发薇甘菊生物活性以减少其对生态

系统的危害已成为防控薇甘菊危害的重要研究方向之一。有多篇文章报道了薇甘菊具有抗菌、抗肿瘤、抗病毒等作用<sup>[2-4]</sup>,薇甘菊含有丰富的挥发性成分和非挥发性成分,植物精油具有多种生物活性<sup>[5]</sup>。Eunice等<sup>[6]</sup>从薇甘菊总分离得到2个新的倍半萜类化合物8-epi-mikanokryptin和11H $\beta$ -11,13-dihydromicrantholide,张瑶等通过制备液相分离得到3个卡丁烷倍半萜<sup>[7]</sup>,Shah等<sup>[8]</sup>从薇甘菊中分离得到的新型三萜16-羟基桦木酸张瑶等通过制备液相分离得到3个卡丁烷倍半萜。鉴于此,本实验室系统地分离了薇甘菊叶中所含的化合物,得到了9个化

收稿日期:2020-04-03 接受日期:2020-10-23

基金项目:国家自然科学基金地区基金(31660530);国家重点研发计划子课题(2017YFD0201402-05);贵州省科学基金(黔科合支撑[2018]2357)

\*通信作者 Tel: 86-731-88536925; E-mail: liubaiyan@126.com; liyan1612@163.com

合物,其中6个化合物为首次从薇甘菊中分离得到,本实验的结果进一步明晰了薇甘菊叶中所含化合物的种类。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

#### 1.1.1 仪器

美国 HP-5973 型质谱仪; Varian INOVA-400 MHz 和 WIPM-I 500 MHz 核磁共振仪(TMS 为内标); RE 52-99 型亚荣旋转蒸发仪(上海亚荣生化仪器厂); FA2204B 万分之一电子天平(上海精密科学仪器有限公司); WFH-203B 暗箱式紫外分析仪。

#### 1.1.2 试剂

柱层析硅胶(60~80目和200~300目)和薄层层析硅胶(GF254)均为青岛海洋化工有限公司生产;5%磷钼酸的乙醇溶液为显色剂,所用试剂如四氯化碳、石油醚、乙酸乙酯、氯仿、甲醇、乙醇等均为分析纯;二甲基亚砜(DMSO)均为市售分析纯,氘代试剂购于萨恩化学技术(上海)有限公司。

#### 1.1.3 材料

薇甘菊(*Mikania micrantha* H. B. K.)叶子部分采自2019年9月广东省华南农业大学校园内,自然阴干备用。

试验所用受试菌株:绿脓杆菌 *Pseudomonas aeruginosa*、青枯菌 *Ralstonia solanacearum*、枯草芽胞杆菌 *Bacillus subtilis*、金黄色葡萄球菌 *Staphylococcus aureus* 和大肠杆菌 *Escherichia coli*,均由贵州省中国科学院天然产物化学重点实验室提供。

Luria-Bertani 液体培养基(LB):胰蛋白胨 10.0 g,酵母提取物 5.0 g,NaCl 10.0 g,加入去离子水至 1 000 mL,用 5 mol/L NaOH 调 pH 至 7.4,灭菌后备用。

## 1.2 实验方法

### 1.2.1 提取与分离

将薇甘菊叶风干后粉碎,在室温下用 8 L 二氯甲烷超声提取薇甘菊叶粉碎物 2 kg,过滤得到提取溶液,重复提取 3 次。在提取溶液中加入活性炭进行脱色,然后过滤,以除去活性炭和不溶物质。将提取液用旋转蒸发仪回收溶剂,浓缩后得到 86.4 g 浸膏。称取 80 g 浸膏,加适量氯仿溶解,用硅胶(60~80目)拌样,在硅胶(200~300目)柱层析(80 mm × 1 200 mm)上进行色谱分离,流动性依次用四氯化

碳-甲醇(30:1、20:1、15:1、10:1、5:1、1:1,V/V)进行洗脱,根据其 TLC 谱图合并后在旋转蒸发仪上将溶剂蒸干得到 Fr. 1~Fr. 6 馏分。

称取 Fr. 1(3.282 6 g),以硅胶(200~300目)柱层析,流动相为石油醚:乙酸乙酯(50:1→1:1,V/V)洗脱,TLC 检测合并后用旋转蒸发仪回收溶剂,得到化合物 1(2.121 0 g)。Fr. 2(2.660 2 g)在硅胶(200~300目)层析柱上进行色谱分离,用石油醚:乙酸乙酯(50:1→1:1,V/V)洗脱,TLC 检测合并后用旋转蒸发仪回收溶剂,得到化合物 2(1.501 8 g)。将 Fr. 3(1.726 6 g)在硅胶(200~300目)层析柱上进行色谱分离,用石油醚:乙酸乙酯(40:1→1:1,V/V)洗脱,TLC 检测合并后用旋转蒸发仪回收溶剂,得到化合物 3(0.836 8 g)和化合物 4(0.744 2 g)。Fr. 4(2.056 3 g)在硅胶(200-300目)层析柱上进行色谱分离,用石油醚:乙酸乙酯(30:1→1:1,V/V)洗脱,TLC 检测合并后用旋转蒸发仪回收溶剂,得到化合物 5(0.744 2 g)和化合物 6(0.428 3 g)。将 Fr. 5(4.572 5 g)在硅胶(200~300目)层析柱上进行色谱分离,用石油醚:乙酸乙酯(20:1→1:1,V/V)洗脱,TLC 检测合并后用旋转蒸发仪回收溶剂,得到化合物 7(3.408 1 g)。

称取 Fr. 6(6.143 4 g)在硅胶(200~300目)柱层析上进行色谱分离,流动相为石油醚:乙酸乙酯(8:1,V/V)等度洗脱,每 25 mL 收集 1 份,TLC 检测合并后用旋转蒸发仪回收溶剂,得到化合物 8(4.241 1 g)和化合物 9(1.622 8 g)。

### 1.2.1 抑菌活性测定

采用肉汤 2 倍稀释法测试所分离的 9 个化合物的抑制细菌活性,将化合物使用十万分之一的天平称取重量 4~6 mg,加入适量的 DMSO 溶解,每个样品加水制成 2 000 mg/L 的初始浓度(DMSO 含量小于 2.5%),以加等量 DMSO 溶剂作为空白对照,以环丙沙星为阳性对照。置于 37 °C 培养箱中培养 24 h,以孔板上没有浑浊的最小药液浓度为样品对供试细菌的最低抑菌浓度(MIC,minimum inhibitory concentration)。

## 2 结果

### 2.1 结构鉴定

化合物 1 黄色油状液体;EI-MS: $m/z$  228  $[M]^+$ , $^1H$  NMR(500 MHz,CDCl<sub>3</sub>) $\delta$ :3.64 (3H,s,H-

1'), 2.34 (2H, t,  $J = 7.5$  Hz, H-2), 1.63 (2H, q,  $J = 7.4$  Hz, H-3), 1.25 (14H, s), 0.87 (3H, t,  $J = 6.8$  Hz, H-13);  $^{13}\text{C}$  NMR (125 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$ : 174.8 (C-1), 50.8 (C-1'), 33.9 (C-2), 31.9 (C-11), 29.7 ~ 29.6 (C-6, 7, 8, 9), 29.3 (C-10), 29.2 (C-5), 29.1 (C-4), 24.7 (C-3), 22.7 (C-12), 14.1 (C-13)。以上数据与文献报道的十三烷酸甲酯基本一致<sup>[9]</sup>, 是高级脂肪酸酯。

**化合物 2** 浅黄色油状物; EI-MS:  $m/z$  296  $[\text{M}]^+$ ,  $^1\text{H}$  NMR (500 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$ : 10.42 (1H, s, H-1'), 5.30 ~ 5.33 (2H, m, H-10, H-11), 2.34 (2H, t,  $J = 7.3$  Hz, H-2), 2.01 (4H, m, H-9, H-12), 1.63 (2H,  $J = 7.3$  Hz, H-3), 1.23 ~ 1.41 (m, 22H), 0.88 (3H, t,  $J = 6.7$  Hz, H-19);  $^{13}\text{C}$  NMR (125 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$ : 180.4 (C-1), 130.1 (C-6), 130.1 (C-7), 34.2 (C-2), 32.1 (C-17), 29.6 (C-15), 29.6 (C-16), 29.5 (C-11), 29.4 (C-14), 29.3 (C-13), 29.3 (C-8), 29.3 (C-5), 29.2 (C-4), 29.1 (C-10), 24.7 (C-3), 27.3 (C-9), 27.2 (C-12), 22.7 (C-18), 14.1 (C-19)。以上数据与文献基本一致, 确定为 (*Z*)-6-十九碳烯酸<sup>[10]</sup>。

**化合物 3** 无色油状物; ESI-MS:  $m/z$  535  $[\text{M} + \text{H}]^+$ ,  $^1\text{H}$  NMR (500 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$ : 5.36 (1H, m,  $J = 7.0$  Hz, H-2'), 4.59 (2H, d,  $J = 7.0$  Hz, H-1'), 2.30 (2H, t,  $J = 7.6$  Hz, H-2), 1.98 ~ 2.00 (2H, m, H-4'), 1.70 (3H, m, H-3''), 1.53 ~ 1.62 (2H, m, H-3), 1.03 ~ 1.51 (m, 43H), 0.89 (3H, t,  $J = 6.5$  Hz, H-16), 0.87 (6H, d,  $J = 6.5$  Hz, H-15'', H-16'), 0.85 (3H, d,  $J = 6.5$  Hz, H-11''), 0.84 (3H, d,  $J = 6.5$  Hz, H-7'');  $^{13}\text{C}$  NMR (125 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$ : 173.9 (C-1), 142.7 (C-3'), 118.1 (C-2'), 61.2 (C-1'), 39.9 (C-14'), 39.4 (C-4'), 37.4 (C-6'), 37.3 (C-8'), 36.6 (C-10'), 36.9 (C-12'), 34.4 (C-2), 32.8 (C-7'), 32.7 (C-11'), 31.9 (C-14), 29.7 (C-8), 29.7 (C-9), 29.6 (C-10), 29.6 (C-7), 29.6 (C-6), 29.5 (C-11), 29.4 (C-12), 29.3 (C-5), 29.3 (C-13), 29.2 (C-4), 28.0 (C-15'), 27.2 (C-13'), 25.2 (C-3), 25.0 (C-9'), 24.8 (C-5''), 22.7 (C-15''), 22.7 (C-15), 22.6 (C-16'), 19.8 (C-11''), 19.7 (C-7''), 16.4 (C-3''), 14.1 (C-16)。以上数据与文献报道的植酸棕榈酸酯基本一致<sup>[11]</sup>。

**化合物 4** 白色粉末; EI-MS:  $m/z$  256  $[\text{M}]^+$ ,  $^1\text{H}$  NMR (500 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$ : 0.88 (3H, t,  $J = 6.8$  Hz, H-16), 1.25 (24H, m, H-4 ~ 15), 1.62 (2H, m, H-3), 2.32 (2H, t,  $J = 7.5$  Hz, H-2);  $^{13}\text{C}$  NMR (125 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$ : 178.6 (C-1), 34.2 (C-2), 31.8 (C-14), 29.8 (C-4), 29.7 ~ 29.6 (C-7, 8, 9, 10, 11, 12), 29.5 (C-6), 29.4 (C-13), 29.1 (C-5), 24.8 (C-3), 22.7 (C-15), 14.2 (C-16)。以上数据与文献基本一致, 确定为十六烷酸<sup>[12]</sup>, 为高级脂肪酸。

**化合物 5** 黄色油状物; ESI-MS:  $m/z$  445  $[\text{M} - \text{H}]^+$ ,  $^1\text{H}$  NMR (500 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$ : 2.52 (2H, m, H-1'), 2.03 (3H, s, H-6'), 2.00 (6H, s, H-3', H-4'), 1.24 (3H, s, H-3''), 0.87 (6H, d,  $J = 6.5$  Hz, H-15'', H-16'), 0.83 ~ 0.86 (6H, m, H-7'', H-11'');  $^{13}\text{C}$  NMR (500 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$ : 187.8 (C-2), 187.3 (C-5), 144.6 (C-1), 140.7 (C-3), 140.5 (C-4), 140.1 (C-6), 72.7 (C-3'), 42.4 (C-4'), 40.4 (C-14'), 39.4 (C-2'), 37.6 (C-8'), 37.4 (C-10'), 37.2 (C-12'), 32.9 (C-7'), 32.8 (C-11'), 29.8 (C-6'), 27.9 (C-15'), 26.6 (C-3''), 24.5 (C-13'), 22.9 (C-15''), 24.9 (C-9'), 22.6 (C-16'), 21.3 (C-5'), 19.9 (C-11''), 19.8 (C-7''), 12.5 (C-3'), 12.5 (C-4'), 12.5 (C-6'), 12.1 (C-1'), 以上数据与文献报道的  $\alpha$ -生育酚醌基本一致<sup>[13]</sup>。

**化合物 6** 白色无定形粉末; ESI-MS:  $m/z$  197  $[\text{M} + \text{H}]^+$ ,  $^1\text{H}$  NMR (500 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$ : 5.72 (1H, s, H-7), 4.33 (1H, m, H-3), 2.47 (1H, ddd,  $J = 14.0, 2.5, 2.5$  Hz, H-4), 2.00 (1H, ddd,  $J = 14.5, 2.6, 2.6$  Hz, H-2), 1.78 (1H, m, H-4), 1.77 (3H, s, H-11), 1.53 (1H, dd,  $J = 14.5, 3.7$  Hz, H-2), 1.47 (3H, s, H-9), 1.28 (3H, s, H-10);  $^{13}\text{C}$  NMR (125 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$ : 183.8 (C-6), 171.8 (C-8), 112.5 (C-7), 87.1 (C-5), 66.3 (C-3), 47.0 (C-2), 45.7 (C-4), 36.1 (C-1), 30.8 (C-9), 27.3 (C-11), 26.6 (C-10), 以上数据与文献报道的黑麦草内酯基本一致<sup>[14]</sup>, 为酯类化合物。

**化合物 7** 白色片状结晶; EI-MS:  $m/z$  412  $[\text{M}]^+$ ,  $^1\text{H}$  NMR (400 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$ : 5.34 (1H, d,  $J = 5.1$  Hz, H-6), 5.15 (1H, dd,  $J = 15.1, 8.6$  Hz, H-22), 5.01 (1H, dd,  $J = 15.2, 8.6$  Hz, H-23), 3.52 (1H, m, H-3), 1.03 (3H, d,  $J = 8.5$  Hz, H-21), 1.01

(3H, s, H-19), 0.97 ~ 0.89 (3H, m, H-29), 0.83 (3H, d,  $J = 6.5$  Hz, H-26), 0.79 (3H, d,  $J = 6.9$  Hz, H-27), 0.68 (3H, s, H-18);  $^{13}\text{C}$  NMR (100 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$ : 140.7 (C-5), 138.3 (C-22), 129.2 (C-23), 121.7 (C-6), 71.8 (C-3), 56.8 (C-14), 55.9 (C-17), 51.2 (C-24), 50.1 (C-9), 42.2 (C-4), 42.2 (C-13), 40.5 (C-20), 39.7 (C-12), 37.2 (C-1), 31.9 (C-25), 31.9 (C-8), 31.8 (C-7), 31.6 (C-2), 28.9 (C-16), 25.4 (C-28), 24.4 (C-15), 21.2 (C-26), 21.1 (C-11), 21.0 (C-21), 19.4 (C-19), 19.1 (C-27), 13.1 (C-29), 12.0 (C-18)。以上数据与文献报道的甾甾醇基本一致<sup>[15]</sup>。

**化合物 8** 针状晶体;  $^1\text{H}$  NMR (500 MHz,  $\text{DMSO}-d_6$ )  $\delta$ : 7.62 (1H, d,  $J = 1.9$  Hz, H-5), 6.23 (1H, d,  $J = 3.6$  Hz, H-13a), 5.96 (1H, d,  $J = 3.2$  Hz, H-13b), 5.36 (1H, m, H-6), 4.83 (1H, m, H-8), 4.78 (1H, m, H-3), 3.39 (1H, d,  $J = 3.2$  Hz, H-2), 3.26 (1H, s, H-1), 3.08 (1H, m, H-7), 2.20 (1H, dd,  $J = 13.3, 11.0$  Hz, H-9a), 1.89 (1H, dd,  $J = 13.5, 4.8$  Hz, H-9b), 1.00 (3H, s, H-14);  $^{13}\text{C}$  NMR (125 MHz,  $\text{DMSO}-d_6$ )  $\delta$ : 171.3 (C-15), 168.4 (C-12), 150.7 (C-5), 138.8 (C-11), 129.3 (C-4), 122.5 (C-13), 83.7 (C-6), 77.0 (C-8), 57.6 (C-1), 57.6 (C-10), 55.7

(C-2), 50.5 (C-7), 49.6 (C-3), 42.6 (C-9), 21.4 (C-14)。以上数据与文献报道的薇甘菊内酯基本一致<sup>[16,17]</sup>, 为吉玛烷型倍半萜内酯类化合物。

**化合物 9** 白色结晶;  $^1\text{H}$  NMR (500 MHz,  $\text{DMSO}-d_6$ )  $\delta$ : 7.57 (1H, m, H-5), 5.46 (1H, s, H-6), 4.65 (1H, m, H-8), 4.01 (1H, m, H-3), 3.38 (1H, d,  $J = 2.8$  Hz, H-2), 3.31 (1H, s, H-1), 2.99 (1H, m, H-11), 2.98 (1H, td,  $J = 13.8, 6.9$  Hz, H-7), 2.08 (1H, dd,  $J = 13.6, 4.2$  Hz, H-9a), 1.88 (1H, dd,  $J = 13.5, 10.9$  Hz, H-9b), 1.27 (3H, d,  $J = 7.0$  Hz, H-13), 0.97 (3H, s, H-14);  $^{13}\text{C}$  NMR (125 MHz,  $\text{DMSO}-d_6$ )  $\delta$ : 177.5 (C-12), 172.5 (C-15), 151.3 (C-5), 129.0 (C-4), 83.7 (C-6), 77.9 (C-8), 58.9 (C-1), 58.8 (C-10), 56.1 (C-2), 53.6 (C-7), 51.7 (C-3), 43.6 (C-9), 42.4 (C-11), 22.2 (C-14), 14.7 (C-13)。以上数据与文献报道的二氢薇甘菊内酯基本一致<sup>[17]</sup>, 为吉玛烷型倍半萜内酯类化合物。

## 2.2 抑菌活性筛选

对薇甘菊叶分离得到的化合物 **1** ~ **9** 进行抑菌活性测试, 结果如表 1 所示, 只有吉玛烷型倍半萜类化合物 **8** 和 **9** 表现出抑菌作用, MIC 值均为 500 mg/L, 其余化合物在该浓度下对 5 种受试菌株均无抑制作用, 表中未列出。

表 1 薇甘菊叶部位化合物的抑菌活性筛选

Table 1 Antibacterial activity of compounds of the leaves of *M. micrantha*

样品 Sample	最小抑菌浓度 Minimum inhibitory concentration (mg/L)				
	青枯菌 <i>R. solanacearum</i>	大肠杆菌 <i>E. coli</i>	绿脓杆菌 <i>P. aeruginosa</i>	金黄色葡萄球菌 <i>S. aureus</i>	枯草芽胞杆菌 <i>B. subtilis</i>
<b>8</b>	500	500	500	500	500
<b>9</b>	500	500	500	500	500

## 3 讨论

本实验分离了薇甘菊叶二氯甲烷浸膏中的化合物, 得到了 9 个化合物, 其中吉玛烷型倍半萜类化合物 2 个、脂肪酸 2 个、甾醇类 1 个、酯类 2 个、其它化合物 2 个, 化合物 **1** ~ **6** 为首次从薇甘菊中分离得到。同时对所有化合物进行抑菌活性测试, 只有吉玛烷型倍半萜类化合物 **8** 和 **9** 表现出抑菌作用, MIC 值均为 500 mg/L, 推测薇甘菊抑菌活性成分主要为吉玛烷型倍半萜类化合物。

薇甘菊中含有多种化合物, 主要是萜类、酚类化

合物, 对于高级脂肪酸和高级脂肪酸酯的报道较少, 化合物 **1**、**2** 和 **4** 为高级脂肪酸和高级脂肪酸酯。脂肪酸主要存在于植物油中, 如亚油酸存在于葵花籽油、大豆油以及芝麻油等植物油中,  $\alpha$ -亚麻酸存在于紫苏、胡麻、亚麻以及油菜籽等植物油中; 也可于人体内合成, 在人体内具有重要的生理功能, 长链饱和脂肪酸如月桂酸, 肉豆蔻酸, 十六烷酸会使血清胆固醇值升高<sup>[18]</sup>。据报道, 吉玛烷型倍半萜内酯类化合物如薇甘菊内酯, 去氧薇甘菊内酯, 藤薇甘菊内酯和二氢薇甘菊内酯具有抗菌作用<sup>[17]</sup>; 甾醇类如  $\beta$ -谷甾醇

有抗炎作用<sup>[19]</sup>,豆甾醇有调节血脂平衡、预防心脑血管疾病的作用<sup>[15]</sup>;除此之外,薇甘菊的提取物对治疗糖尿病有显著效果<sup>[20]</sup>等。实验表明薇甘菊植物在抑菌方面具有研究与开发的潜力。在此基础上,本实验室下一步将继续研究薇甘菊叶中化合物的活性,以期能寻找到薇甘菊更多的生物活性和活性化合物,为客观评价薇甘菊的应用价值和探讨薇甘菊的综合利用前景提供依据。

## 参考文献

- Feng HL, Cao H, Liang XD, et al. Distribution and harm of *Mikania micrantha* in Guangdong [J]. J Trop Subtrop Bot (热带亚热带植物学报), 2002, 10: 263-270.
- Laurella LC, Frank FM, Sarquíz A, et al. *In vitro* evaluation of antiprotozoal and antiviral activities of extracts from Argentinean *Mikania* species [J]. Sci World J, 2012, 12: 121-133.
- Dou X, Zhang Y, Sun N, et al. The anti-tumor activity of *Mikania micrantha* aqueous extract *in vitro* and *in vivo* [J]. Cytotechnology, 2014, 66: 107-117.
- Zhuang SH, Hao CQ, Feng JT, et al. Active antifungal components of *Mikania micrantha* H. B. K. [J]. J Zhejiang Univ: Agr Life Sci (浙江大学学报: 农业与生命科学版), 2010, 36: 293-298.
- Li B, He L, Mei J. Advances on biological activity and application of plant essential oils [J]. Nat Prod Res Dev (天然产物研究与开发), 2019, 31: 172-176.
- Ríos VE, León A, Chávez ML, et al. Sesquiterpene lactones from *Mikania micrantha* and *Mikania cordifolia* and their cytotoxic and anti-inflammatory evaluation [J]. Fitoterapia, 2014, 94: 155-163.
- Siddiqui SA, Rahman A, Rahman MO, et al. A novel triterpenoid 16-hydroxy betulonic acid isolated from *Mikania cordata* attributes multi-faced pharmacological activities [J]. Saudi J Biol Sci, 2018, 26: 554-562.
- Zhang Y, Zeng YM, Xu YK, et al. New cadinane sesquiterpenoids from *Mikania micrantha* [J]. Nat Prod Res, 2019, 19: 1-8.
- Huang YY. Study on chemical constituents of the petroleum ether fraction of Cortex Moutan Charcoal [D]. Guangzhou: Guangdong Pharmaceutical University (广东药科大学), 2017.
- Wang DM, Zhu W, Li JL. Study on chemical constituents of *Polygonatum cirrhifolium* rhizome and their fungicidal activities [J]. J Sichuan Univ: Nat Sci (四川大学学报: 自科版), 2007, 44: 918-921.
- Hang NTM, Giap TH, Thanh LN, et al. Chemical constituents of *Microalgae Tetraselmis Convolutae* [J]. Chem Nat Compd +, 2019, 55: 797-801.
- Lu SY, Deng Y, Mei L, et al. Studies on chemical constituents of *Gracilaria lemaneiformis* [J]. Chin Tradit Herb Drugs (中草药), 2011, 42: 1069-1071.
- Li HF, Ma QY, Liu YQ, et al. Chemical constituents from *Polygonum perfoliatum* [J]. Chin J Appl Environ Biol (应用与环境生物学报), 2009, 15: 615-620.
- Kato T, Imai T, Kashimura K, et al. Germination response in wheat grains to dihydroactinidinolide, a germination inhibitor in wheat husks, and related compounds [J]. J Agr Food Chem, 2003, 51: 2161-2167.
- Ge F, Wang Y, Wang JP, et al. Research on main bioactive components in red fermented rice [J]. J Kunming Univ Sci Technol: Nat Sci (昆明理工大学学报: 自科版), 2012, 37 (2): 61-64.
- Cuenca MDR, Bardon A, Catalan CAN. Sesquiterpene lactones from *Mikania micrantha* [J]. J Nat Prod. 1988, 51: 625-626.
- Li Y, Li J, Li Y, et al. Antimicrobial constituents of the leaves of *Mikania micrantha* H. B. K. [J]. PLoS One, 2013, 8: e76725.
- Tang CH, Xu JX, Peng XY. Recent research on fatty acid nutrition and function [J]. China Oils Fats (中国油脂), 2000, 25 (6): 20-23.
- Xiao ZB, Jia HX, Liu XL. Research status of  $\beta$ -sitosterol pharmacological activity [J]. World Latest Med Inf (世界最新医学信息文摘), 2015, 15 (8): 66-69.
- Devi M. Study on the impact of *Mikania micrantha* leaf extract feeding on silk gland protein concentration of V instar eri silkworm *Samia ricini* Donovan [J]. Clarion, 2013, 2 (2): 17-20.