

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201405052

郑喜,王芯,万春平,等. 白花除虫菊化学成分及其生物活性的研究[J]. 广西植物, 2016, 36(6):747-751

ZHENG X, WANG X, WAN CP, et al. Chemical constituents and biological activities of *Pyrethrum cinerariifolium*[J]. *Guihaia*, 2016, 36(6):747-751

# 白花除虫菊化学成分及其生物活性的研究

郑喜<sup>1</sup>, 王芯<sup>2</sup>, 万春平<sup>1</sup>, 李国红<sup>2\*</sup>

(1. 云南省中医医院 中心实验室, 昆明 650091; 2. 云南大学 云南省生物资源保护与利用重点实验室, 昆明 650091)

**摘要:** 该研究应用柱层析法、薄层层析法和波谱法对白花除虫菊 (*Pyrethrum cinerariifolium*) 全株甲醇提取物进行分离纯化、结构鉴定, 并分别采用 MTT 法、生物活性测定法和抑菌圈法测定所得化合物抗肿瘤、杀线虫和抑菌活性。结果表明: 经波谱法鉴定化合物结构分别为 tulirinol (1), sesamin (2),  $\beta$ -cyclopyrethrosin (3) 和 3, 5-dihydroxy-2-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-7, 8-dimethoxy-4H-1-benzopyran-4-one (4)。抗肿瘤活性显示化合物 3 对白血病细胞株 HL-60、肝癌细胞株 SMMC-7721、肺癌细胞株 A-549、乳腺癌细胞株 MCF-7 和结肠癌细胞株 SW480 均表现出显著的抑制活性, 其  $IC_{50}$  分别为 3.800、2.890、2.930、4.600 和 5.160  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ; 化合物 1 活性比 3 稍弱, 其  $IC_{50}$  分别为 5.020、10.760、12.310、12.310 和 12.250  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ; 其中化合物 3 对各肿瘤细胞株  $IC_{50}$  值均小于顺铂。抗菌活性表明化合物 3 对大肠杆菌、蜡样芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌和金黄色葡萄球菌均表现出明显的抑菌活性, 且随着浓度增加活性逐渐增强, 而化合物 1 和化合物 2 仅对部分菌株表现出微弱抑菌活性; 杀线虫活性显示化合物 3 对秀丽隐杆线虫和全齿复活线虫均表现出显著的毒杀活性, 且随着时间、浓度增加活性逐渐增强; 而在同一时间点对秀丽隐杆线虫的毒杀活性强于全齿复活线虫。从白花除虫菊中分离所得 4 个化合物均为首次从该植株中发现, 且首次报道了化合物 3 杀线虫和抑菌活性, 值得进一步开发应用。

**关键词:** 白花除虫菊, 化学成分, 抗菌, 抗肿瘤, 杀线虫

中图分类号: Q949.9 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2016)06-0747-05

## Chemical constituents and biological activities of *Pyrethrum cinerariifolium*

ZHENG Xi<sup>1</sup>, WANG Xin<sup>2</sup>, WAN Chun-Ping<sup>1</sup>, LI Guo-Hong<sup>2\*</sup>

(1. Center Laboratory of Yunnan Province Traditional Medicine Hospital, Kunming 650091, China; 2. Laboratory for Conservation and Utilization of Bio-resource, Yunnan University, Kunming 650091, China)

**Abstract:** The chemical constituents of *Pyrethrum cinerariifolium* and the measure of antitumor activity, antibacterial activity and nematocidal activity of the compounds which were isolated from *P. cinerariifolium* were investigated. The whole plant organ of *P. cinerariifolium* was extracted with methanol three times, and the methanol extract of *P. cinerariifolium* was isolated by column chromatography and thin layer chromatography (TLC). The compounds structures were identified by spectral method. The methods of MTT, biological activity-determination and inhibition zone were performed for the activities of antitumor, nematocidal and bacteriostat respectively. Four compounds were obtained from the extract of *P. cinerariifolium*, and identified as tulirinol (1), sesamin (2),  $\beta$ -cyclopyrethrosin (3) and 3, 5-dihydroxy-2-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-7, 8-dimethoxy-4H-1-benzopyran-4-one (4) based on spectral data. Compound 3 showed significant ac-

收稿日期: 2014-05-26 修回日期: 2014-07-04

基金项目: 云南省自然科学基金(2013FB003); 云南省中医医院院内项目(2013YJ006) [Supported by the Natural Science Foundation of Yunnan (2013FB003); Program of Yunnan Province Traditional Medicine Hospital(2013YJ006)]。

作者简介: 郑喜(1986-), 男, 云南石林人, 硕士, 研究实习员, 从事天然药物化学研究, (E-mail) zhengxi138@163.com。

\*通讯作者: 李国红, 博士, 副研究员, 从事天然产物化学研究, (E-mail) ligh@ynu.edu.cn。

tivity against Leukemia cell HL-60, liver cancer cell SMMC-7721, lung cancer cell A-549, breast cancer cell MCF-7 and colon cancer cell SW480 with  $IC_{50}$  values of 3.800, 2.890, 2.930, 4.600 and 5.160  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  respectively. Compound 1, which  $IC_{50}$  values were 5.020, 10.760, 12.310, 12.310 and 12.250  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  respectively, showed lower activity than compound 3 against these cell lines. Compound 3 showed lower values of  $IC_{50}$  than cisplatin against part of the cancer cell lines. The antibacterial bioassay showed Compound 3 had prominent activity against *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *B. subtilis* and *Staphylococcus aureus* with the values of inhibition zone more than 1.1 cm with a dose-dependent manner. Compounds 1 and 2 had weak antibacterial activity. However, Compound 4 did not show any activity against four pathogenic bacteria. Compound 3 revealed nematocidal activity against *Panagrellus redivivus* and *Caenorhabditis elegans* with a time/dose-dependent manner, and the compound had stronger activity against *C. elegans* than *Panagrellus redivivus* at the same time point. Compounds 1, 2 and 4 did not show any activity against two nematodes. Together, all compounds were isolated from the *P. cinerariifolium* for the first time, and Compound 3 was firstly reported to show nematocidal and antibacterial activities, so it deserved to be further developed and applied.

**Key words:** *Pyrethrum cinerariifolium*, chemical constituents, antibacterial, antitumor, nematocidal

白花除虫菊 (*Pyrethrum cinerariifolium*) 是最重要的植物杀虫剂之一, 在过去 160 多年来一直作为一种安全、高效的植物源杀虫剂在世界各地被广泛使用, 其主要杀虫活性成分是除虫菊酯, 含除虫菊酯 I、II, 瓜叶菊酯 I、II 和茛菊酯 I 和 II 6 种成分。杀虫活性成分除虫菊酯主要集中于头花中, 被称为非激素神经剂, 表现出极不寻常的杀虫活性 (Casida & Quistad, 1995), 具有高效、低毒、广谱、易降解无残留及不易产生耐药性等特性; 除杀虫活性外除虫菊酯还具有一定的杀菌作用, 对真菌效果尤为显著 (范洁茹, 2004)。

目前, 国内外有关白花除虫菊的研究主要集中在其杀虫活性成分除虫菊酯的提取 (程暄生等, 2005; 李昶红和李薇, 2002; 郝金玉等, 2001) 以及分析检测方面 (黄修柱, 2004; 叶敏等, 2009), 而有关该植物中其它成分的研究报道较少。基于除虫菊的传统用途, 为深入研究白花除虫菊化学成分, 从而获得更多活性物质。因此, 本研究主要集中于白花除虫菊化学成分及其抗肿瘤、抗菌和杀线虫活性的研究。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料和仪器

白花除虫菊植株于 2013 年 5 月采集于中科院昆明植物所植物园。植株采集后自然风干, 剪碎后备用。

BrukerDRX-500 型核磁共振仪; Bruker Avance III-600 NMR 型超导核磁共振仪; Finnigan LCQ-Advantage 型质谱仪; 薄层层析用硅胶板和柱层析硅胶

G(200-300 目, 青岛海洋化工厂); Sephadex LH-20 葡聚糖凝胶 (Amersham Pharmacia 公司)。

### 1.2 提取与分离

风干后的植株材料 (147.2 g) 用甲醇提取 3 次, 每次 72 h, 提取物于 50 °C 下减压浓缩得黄色粗提物 16.4 g。粗提物过硅胶柱 (300 g), 用石油醚-乙酸乙酯系统 (20 : 1 ~ 1 : 1) 梯度洗脱获得 37 个组分 A1~A37。组分 A7 (68 mg) 过丙酮凝胶获得 3 个组分 A7-1~A7-3, A7-2 (31 mg) 过硅胶柱, 用石油醚-丙酮系统 (300 : 1 ~ 100 : 1) 梯度洗脱获得 3 个组分 A7-2-1~A7-2-3, 组分 A7-2-1 (17 mg) 进一步过丙酮凝胶获得化合物 2 (7 mg)。组分 A19 (309 mg) 过丙酮凝胶获得 4 个组分 A19-1~A19-4, A19-3 (70 mg) 过硅胶柱, 用石油醚-丙酮系统 (40 : 1 ~ 10 : 1) 梯度洗脱获得 4 个组分 A19-3-1~A19-3-4, A19-3-4 (24 mg) 过丙酮凝胶获得 2 个组分 A19-3-4-1~A19-3-4-2, A19-3-4-1 (18 mg) 进一步过硅胶柱, 石油醚-丙酮系统 (40 : 1 ~ 10 : 1) 梯度洗脱获得化合物 3 (11 mg)。组分 A31 (238 mg) 过丙酮凝胶获得 3 个组分 A31-1~A31-3, A31-2 (54 mg) 进一步过丙酮凝胶获得 2 个组分 A31-2-1~A31-2-2, A31-2-1 (43 mg) 过硅胶柱, 石油醚-乙酸乙酯系统 (10 : 1) 洗脱获得化合物 4 (6 mg)。组分 A32 (276 mg) 过丙酮凝胶获得 3 个组分 A32-1~A32-3, A32-2 (57 mg) 过硅胶柱, 石油醚-乙酸乙酯系统 (300 : 1 ~ 6 : 1) 梯度洗脱获得化合物 1 (9 mg)。

### 1.3 活性测定

1.3.1 抗肿瘤活性测定 化合物 1-4 对肿瘤细胞株 HL-60、SMMC-7721、A-549、MCF-7 和 SW480 的抗肿瘤活性测定采用 MTT 法 (Yang et al, 2013), 由中国

科学院昆明植物研究所完成。

1.3.2 杀线虫活性测定 全齿复活线虫(*Panagrellus redivivus*)和秀丽隐杆线虫(*Caenorhabditis elegans*)培养于燕麦片培养基(燕麦片 20 g, 去离子水 80 mL), 使用时用简易贝曼漏斗法洗出, 配成线虫悬液(约 200 条·mL<sup>-1</sup>)。称取化合物 1-4 各 5 mg 溶于甲醇(或丙酮)配成浓度为 10 mg·mL<sup>-1</sup>的初始溶液, 梯度稀释至 8 000、4 000、2 000、1 000 μg·mL<sup>-1</sup>。加入 0.9 mL 线虫悬液和 0.1 mL 化合物溶液, 加入 0.1 mL 甲醇(或丙酮)作为对照, 在解剖镜下随机选择 3 个视野定时(24、36、48、72 h)观察, 每一处理重复三次, 记下观察到的死线虫数, 取平均值计算致死率。以僵直针刺无反应为死亡, 校正死亡率用以下公式计算:

$$M(\%) = \frac{(N_t - N_{ts})}{N_t} \times 100\% - \frac{(N_c - N_{cs})}{N_c} \times 100\%$$

式中,  $M$ (Mortality)表示线虫校正死亡率,  $N_t$ 表示实验组的总线虫数,  $N_{ts}$ 表示实验组存活线虫数,  $N_c$ 对照组的总线虫数,  $N_{cs}$ 为对照组存活线虫数。

1.3.3 抗菌活性测定 以大肠杆菌(*Escherichia coli*)、蜡样芽孢杆菌(*Bacillus cereus*)、枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)和金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)为目标测试菌, 采用滤纸片扩散法(Jorgensen et al, 1999)进行抑菌活性测定。测试浓度分别是 200、400 和 600 μg·disc<sup>-1</sup>, 以等量溶解化合物的甲醇和丙酮作为对照。菌株培养于 LB 培养基(酵母提取物 5 g, 胰蛋白胨 10 g, 氯化钠 10 g, 琼脂 15 g, 去离子水定容至 1 L, pH 7.0)上。抑菌圈的直径大小表示抑菌效果。

## 2 结果与分析

### 2.1 化合物结构

运用<sup>1</sup>H-NMR、<sup>13</sup>C-NMR、MS 等分析方法, 对化合物 1-4 进行结构鉴定, 结构见图 1。

化合物 1 白色粉末; <sup>1</sup>H-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 500 MHz): 6.26 (1H, *d*, *J* = 3.3 Hz, H-13a), 5.73 (1H, *d*, *J* = 3.3 Hz, H-13b), 5.38 (1H, *t*, *J* = 10.4, 9.8 Hz, H-8), 5.30 (1H, *d*, *J* = 10.0 Hz, H-5), 4.84 (1H, *d*, *J* = 10.6 Hz, H-9), 4.62 (1H, *t*, *J* = 10.1 Hz, H-6), 4.39 (1H, *dd*, *J* = 5.5, 11.1 Hz, H-1), 3.01 (1H, *m*, H-7), 2.28 (1H, *m*, H-3a), 2.07 (3H, *s*, H-2'), 2.00 (1H, *m*, H-2a), 1.87 (3H,

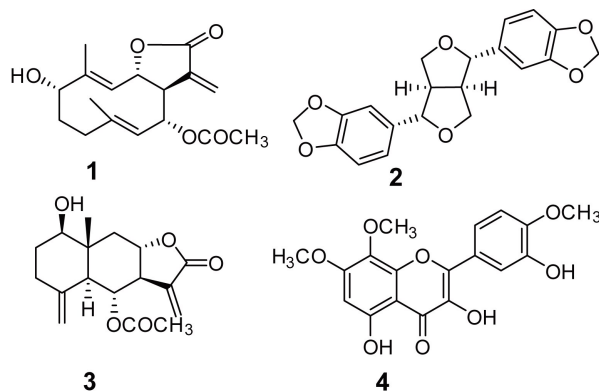


图 1 化合物 1-4 的化学结构

Fig. 1 Structures of compounds 1-4

*s*, H-14), 1.89 (1H, *m*, H-3b), 1.81 (3H, *d*, *J* = 0.7 Hz, H-15), 1.76 (1H, *m*, H-2b); <sup>13</sup>C-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 125 MHz): 67.0 (C-1), 27.3 (C-2), 35.4 (C-3), 138.2 (C-4), 126.1 (C-5), 74.3 (C-6), 49.3 (C-7), 73.3 (C-8), 126.5 (C-9), 137.0 (C-10), 143.1 (C-11), 170.3 (C-12), 123.3 (C-13), 15.8 (C-14), 17.0 (C-15), 169.6 (OCOCH<sub>3</sub>), 21.3 (OCOCH<sub>3</sub>); ESIMS: 329 [M + Na]<sup>+</sup>。与 Lee et al (2003)一致, 因而鉴定该化合物结构为 tulirinol。

化合物 2 白色粉末; <sup>1</sup>H-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 500 MHz): 3.06 (2H, *m*, H-1/H-5), 3.88 (2H, *m*, H-4A/H-8A), 4.25 (2H, *dd*, *J* = 9.0, 7.0 Hz, H-4B/H-8B), 4.72 (2H, *d*, *J* = 4.0 Hz, H-2/H-6), 5.95 (*s*, 2-OCH<sub>2</sub>O), 6.77-6.85 (6H, *m*, ArH, H-2'/H-5'/H-6'/H-2''/H-5''/H-6''); <sup>13</sup>C-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 125 MHz): 54.3 (C-1/C-5), 71.7 (C-4/C-8), 85.8 (C-2/C-6), 101.1 (2-OCH<sub>2</sub>O), 106.5 (C-2'/C-2''), 108.2 (C-5'/C-5''), 119.3 (C-6'/C-6''), 135.0 (C-1'/C-1''), 147.1 (C-4'/C-4''), 147.9 (C-3'/C-3''); ESIMS: 355 [M + H]<sup>+</sup>。与 Roy et al (2002)一致, 因而鉴定该化合物为 sesamin。

化合物 3 白色粉末; <sup>1</sup>H-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 500 MHz): 6.11 (1H, *d*, *J* = 3.1 Hz, H-13a), 5.51 (1H, *t*, *J* = 10.3 Hz, H-8), 5.41 (1H, *d*, *J* = 2.8 Hz, H-13b), 4.86 (1H, *s*, H-15a), 4.57 (1H, *s*, H-15b), 4.06 (1H, *dd*, *J* = 3.7, 11.5 Hz, H-8), 3.57 (1H, *dd*, *J* = 4.7, 11.5 Hz, H-1), 2.74 (1H, *m*, H-7), 2.57 (1H, *dd*, *J* = 3.7, 11.8 Hz, H-9a), 2.32 (1H, *m*, H-3a), 2.15 (1H, *d*, *J* = 9.9 Hz, H-5), 2.08

(1H, *m*, H-3b), 2.02 (3H, *s*, H-2'), 1.90 (1H, *m*, H-1b), 1.62 (1H, *m*, H-1a), 1.54 (1H, *m*, H-9b), 0.85 (3H, *s*, H-14); <sup>13</sup>C-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 125 MHz): 78.6 (C-1), 31.9 (C-2), 34.7 (C-3), 142.6 (C-4), 54.6 (C-5), 68.3 (C-6), 53.4 (C-7), 76.6 (C-8), 40.3 (C-9), 42.9 (C-10), 136.4 (C-11), 170.1 (C-12), 119.9 (C-13), 14.0 (C-14), 109.3 (C-15), 171.2 (OCOCH<sub>3</sub>), 21.3 (OCOCH<sub>3</sub>); ESIMS: 329[M + Na]<sup>+</sup>。与 Doskotch et al(1969)一致,该化合物为 β-cyclopyrethrosin。

化合物 4 黄色粉末; <sup>1</sup>H-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 600 MHz): 7.70 (1H, *d*, *J* = 1.8 Hz, H-2'), 7.63 (1H, *dd*, *J* = 8.4, 1.8 Hz, H-6'), 6.93 (1H, *d*, *J* = 8.4 Hz, H-5'), 6.49 (1H, *s*, H-8), 3.87 (3H, *s*, 7-OCH<sub>3</sub>), 3.78 (3H, *s*, 8-OCH<sub>3</sub>), 3.93 (3H, *s*, 3'-OCH<sub>3</sub>); <sup>13</sup>C-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 150 MHz): 180.3 (C-4), 159.5 (C-7), 158.0 (C-9), 153.9 (C-2), 153.8 (C-5), 151.2 (C-4'), 149.1 (C-3'), 139.4 (C-3), 132.8 (C-6), 123.8 (C-1'), 123.0 (C-6'), 116.6 (C-2'), 112.8 (C-5'), 106.3 (C-10), 95.3 (C-8), 61.1 (8-OCH<sub>3</sub>), 60.7 (7-OCH<sub>3</sub>), 56.6 (3'-OCH<sub>3</sub>); ESIMS: 361[M + H]<sup>+</sup>。与 Horie et al(1988)一致,因而鉴定该化合物结构为 3,5-dihydroxy-2-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-7,8-dimethoxy-4H-1-benzopyran-4-one。

## 2.2 抗肿瘤活性结果

以白血病肿瘤细胞 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 为供试肿瘤细胞,以 DDP 和 TAXOL 作为阳性对照,对化合物 1、2 和 3 进行活性测定,结果见表 1。

由表 1 可以看出,化合物 3 对五株肿瘤细胞株均表现出明显的体外生长抑制活性,其 IC<sub>50</sub> 与顺铂相比,小于顺铂;化合物 1 具有一定的体外肿瘤生长抑制活性,其 IC<sub>50</sub> 比顺铂稍大;而化合物 2 对肿瘤细胞株未表现出生长抑制活性,其 IC<sub>50</sub> 均大于 40 μmol · L<sup>-1</sup>。

## 2.3 杀线虫活性结果

对从白花除虫菊中分离得到的 4 个化合物,进行杀线虫活性测试,实验结果表明,只有化合物 3 对全齿复活线虫 (*Panagrellus redivivus*) 和秀丽隐杆线虫 (*Caenorhabditis elegans*) 表现出不同程度的活性(图 2 和图 3),且随着浓度的增加其毒杀活性逐渐增强;在同一作用时间,化合物 3 对秀丽隐杆线虫的

毒杀活性高于全齿复活线虫。

表 1 化合物对不同肿瘤细胞株的半数生长抑制浓度 IC<sub>50</sub> (μmol · L<sup>-1</sup>)

Table 1 Half of growth inhibitory concentration IC<sub>50</sub> (μmol · L<sup>-1</sup>) of compounds to different tumor cell lines

化合物 Compound	白血病 HL-60	肝癌 SMMC-7721	肺癌 A-549	乳腺癌 MCF-7	结肠癌 SW480
1	5.020	10.760	12.310	12.310	12.250
2	>40.000	>40.000	>40.000	>40.000	>40.000
3	3.800	2.890	2.930	4.600	5.160
顺铂 Ddp	3.290	9.620	9.980	15.920	14.430
紫杉醇 Taxol	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008

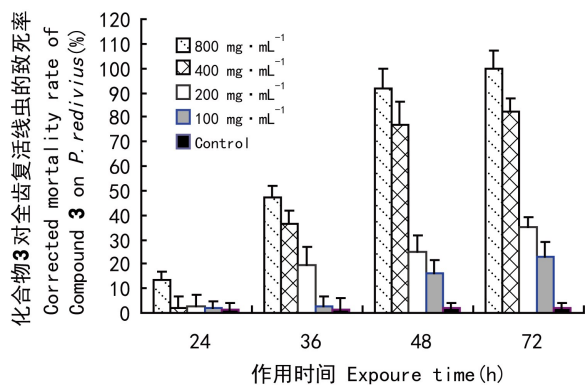


图 2 化合物 3 对全齿复活线虫的毒杀活性

Fig. 2 Nematicidal effects of Compound 3 on *Panagrellus redivivus*

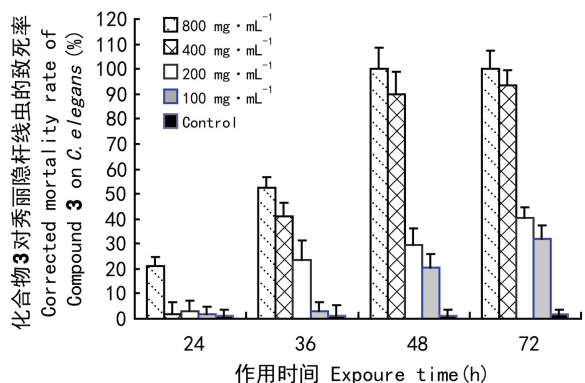


图 3 化合物 3 对秀丽隐杆线虫的毒杀活性

Fig. 3 Nematicidal effects of Compound 3 on *Caenorhabditis elegans*

## 2.4 化合物抑菌活性结果

以金黄色葡萄菌、枯草芽孢杆菌、蜡样芽孢杆菌



和大肝杆菌为目标指示菌,分别测定化合物 **1**、**2**、**3**、**4** 不同浓度(200、400、600  $\mu\text{g} \cdot \text{disc}^{-1}$ ) 的抑菌效果,并以甲醇和丙酮作同步抑菌实验对照,结果发现化合物 **1**、**2**、**3** 对四种病原菌表现出不同程度的抑菌活性,而化合物 **4** 未表现出抑菌效果,结果见表 2。

表 2 化合物 **1-4** 对病原细菌的抑菌结果  
Table 2 Bacteriostasis results of the compounds **1-4** on the 4 pathogens (cm)

化合物 Compound	蜡样芽 孢杆菌 <i>Bacillus cereus</i>	枯草芽 孢杆菌 <i>B. subtilis</i>	大肠杆菌 <i>Escherichia coli</i>	金黄色葡萄菌 <i>Staphylococcus aureus</i>
<b>1</b>	-/0.7/1.0	0.7/0.8/1.0	-/1.0/1.4	-/-/-
<b>2</b>	-/0.7/1.0	-/-/-	0.8/1.2/1.5	-/-/-
<b>3</b>	1.7/2.0/2.4	1.2/1.6/2.1	1.1/1.8/2.1	1.5/2.0/2.2
<b>4</b>	-/-/-	-/-/-	-/-/-	-/-/-
丙酮 Acetone	-/-/-	-/-/-	-/-/-	-/-/-
甲醇 Methanol	-/-/-	-/-/-	-/-/-	-/-/-

注: 数值分别代表 200、400 和 600  $\mu\text{g} \cdot \text{disc}^{-1}$  的抑菌圈直径(含滤纸片直径 6 cm);“-”表示无活性。

Note: Values indicate diameters of the inhibition zone at concentration 200, 400 and 600  $\mu\text{g} \cdot \text{disc}^{-1}$  respectively (the diameter of disc is 6 cm);“-” indicates no antibacterial activity.

### 3 讨论与结论

本研究对白花除虫菊甲醇提取物分离纯化、结构鉴定获得的 4 个化合物进行抗肿瘤、抑菌、杀虫活性测定。结果显示,化合物 **1** 和 **3** 对细胞株 HL-60, SMMC-7721, A-549, MCF-7 和 SW480 均表现出显著的体外生长抑制活性,化合物 **3** 的活性强于顺铂,化合物 **1** 稍弱;二者对不同细胞株 IC<sub>50</sub> 存在差异性。化合物 **3** 对 4 种病原菌均表现出明显的抑菌活性,同时对全齿复活线虫和秀丽隐杆线虫也表现出不同程度的毒杀活性;而化合物 **1** 和 **2** 仅表现出微弱的抑菌活性。Dostkch et al(1980)从鹅掌楸的叶中分离获得化合物 tulirinol,并报道对舞毒蛾幼虫具有显著拒食活性,但没有该化合物抑菌和抗肿瘤活性的相关报道。Davenport & Sutherland(1954)从芝麻油中得到化合物 sesamin,而没有关于该化合物抗菌抑菌活性的报道。所有化合物均为首次从植物白花除虫菊中获得,首次报道了化合物  $\beta$ -cyclopyrethrosin 杀线虫和抑菌活性。

### 参考文献:

CASIDA JE, QUISTAD GB, 1995. Pyrethrum flowers: production,

chemistry, toxicology, and uses [M]. New York:Oxford University Press.

CHENG XS, ZHAO P, YU Y, 2005. Natural pyrethrum [J]. Pesticide, 44(9):391-394. [程喧生, 赵平, 于涌, 2005. 天然除虫菊 [J]. 农药, 44(9):391-394.]

DAVENPORT JB, SUTHERLAND D, 1954. Asarinin in acronychia muelleri W. D. Frakcis [J]. J Nat Prod, 34(45):384-386.

DOSKTC H RW, FAIRCHILD EH, HUANG CT, et al, 1980. Tulirinol, an antifeedant sesquiterpene lactone for the gypsy moth larvae from *Liriodendron tulipifera* [J]. J Org Chem, 45:1441-1446.

Fan JR, 2004. Study on characteristics and technology development of natural pyrethrum [C]. Plant protection and food safety-The 20th session of the national plant protection information & Pesticide machinery exchange proceedings, Wuhan;315-317. [范洁茹, 2004. 天然除虫菊素特性及技术开发研究 [C]. 植物保护与粮食安全-第二届全国植保信息交流暨农药械交流会,武汉;315-317.]

HAO JY, HUANG RH, WANG PY, et al, 2001. Microwave extraction of pyrethrins [J]. Spe Petrochem, 2:47-49. [郝金玉, 黄若华, 王平艳, 等, 2001. 微波萃取除虫菊酯 [J]. 精细石油化工, 2:47-49.]

HORIE T, TSUKAYAMA M, KAWAMURA Y, et al, 1988. 3,5-Dihydroxy-7,8-dimethoxyflavones and revised structures for some natural flavones [J]. Phytochemistry, 27:1491-1495.

HUANG XZ, 2004. Analytical method for pyrethrins in natural extracts by GC-MS [J]. Pest Sci Admin, 25(4):6-9. [黄修柱, 2004. 天然除虫菊素母药中主要成分质谱分析研究 [J]. 农药科学与管理, 25(4):6-9.]

JORGENSEN JH, TURNIDGE JD, WASHINGTON JA, 1999. Antibacterial susceptibility tests: dilution and disk diffusion methods [M]//MURRAY PR, BARON EJ, PFALLER MA, et al. Manual of clinical Microbiology. 7th ed. Washington DC: American Society for Microbiology:1526-1562.

LEE KD, PARK KH, HA TJ, et al, 2003. Isolation of pyrethrosin derivatives from the flower of *Chrysanthemum coronarium* [J]. Agric Chem Biotechnol, 46:76-79.

LI CH, LI W, 2002. Study on extraction of pyrethrin from pyrethrum by supercritical CO<sub>2</sub> [J]. J Hengyang Norm Univ, 23(3):13-15. [李昶红, 李薇, 2002. 超临界 CO<sub>2</sub> 萃取除虫菊酯的研究 [J]. 衡阳师范学院学报, 23(3):13-15.]

ROY SC, RANA KK, GUIN C, 2002. Short and stereoselective total synthesis of furano lignans ( $\pm$ )-dihydrosesamin, ( $\pm$ )-lariciresinol dimethyl ether, ( $\pm$ )-acuminatin methyl ether, ( $\pm$ )-santhodiol methyl ether, ( $\pm$ )-lariciresinol, ( $\pm$ )-acuminatin, and ( $\pm$ )-lariciresinol monomethyl ether and furofuran lignans, ( $\pm$ )-sesamin, ( $\pm$ )-eudesmin, ( $\pm$ )-piperitolmethylether, ( $\pm$ )-pinoresinol, ( $\pm$ )-piperitol, and ( $\pm$ )-pinoresinol monomethyl ether by radical cyclization of epoxides using a transition-metal radical source [J]. J Org Chem, 67:3242-3248

YANG CH, YANG Y, LIU JH, 2013. Platachromone a-d: cytotoxic 2-styrylchromones from the bark of platanus x acerifolia (aiton) willd [J]. Phyto-chem Lett, 6:387-391.

YE M, PU ET, XIAO C, et al, 2009. Quantitative analysis of natural pyrethrins by capillary gas chromatography [J]. Nat Prod Res Dev, 35(21):27-29. [叶敏, 蒲恩堂, 肖春, 等, 2009. 天然除虫菊素的毛细管气相色谱定量分析 [J]. 天然产物研究与开发, 35(21):27-29.]