

鬼针草属植物中多烯炔类成分及其活性研究进展

王 瑞¹, 童 玲¹, 刘彩云¹, 师彦平²

1. 潍坊学院 山东省高校生物化学与分子生物学重点实验室, 山东 潍坊 261061

2. 中国科学院兰州化学物理研究所 中科院西北特色植物资源化学重点实验室, 甘肃 兰州 730000

摘 要: 鬼针草属 *Bidens* L. 植物是菊科一年或多年生草本植物, 广泛分布于全球热带和温带地区, 多具有清热解毒、活血散瘀等功效。多烯炔类化合物为鬼针草属植物中的特色活性成分, 在抗疟疾、降血糖、抗癌、抗炎等方面具有较好的生物活性。从植物来源、结构类型及生物活性 3 个方面对鬼针草属植物中发现的多烯炔类成分进行综述, 为该植物资源的合理利用及该类成分的深入研究与开发提供方向。

关键词: 菊科; 鬼针草属; 多烯炔; 抗疟疾活性; 降血糖活性; 抗癌活性; 抗炎活性

中图分类号: R282.71 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2018)17-4189-08

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2018.17.034

Research progress of polyacetylenes from *Bidens* genus plants and their biological activity

WANG Rui¹, TONG Ling¹, LIU Cai-yun¹, SHI Yan-ping²

1. Key Laboratory of Biochemistry and Molecular Biology in Universities of Shandong Province, Weifang University, Weifang 261061, China

2. Key Laboratory of Chemistry of Northwestern Plant Resources, Lanzhou Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China

Abstract: The genus *Bidens* (Compositae) are annual or perennial herbs distributed in tropical and subtropical regions. Many species of this genus are used in various folk medicines such as blood-pressure lowering and antihyperglycemic agents. As the characteristic components of plants in *Bidens* genus, polyacetylenes have attracted broad attention because of their antimalarial, hypoglycemic, antitumor and anti-inflammatory activities. In order to fully utilize the species of these medicinal plants, this paper reviewed the plant sources, type of the structure, and biological activity with view to providing the reference for the further researches and developments of polyacetylenes.

Key words: Compositae; *Bidens* L.; polyacetylenes; antimalarial activity; hypoglycemic activity; antitumor activity; anti-inflammatory activity

菊科 (Compositae) 鬼针草属 *Bidens* L. 植物约 230 种, 广泛分布于全球热带和温带地区, 尤以美洲种类最为丰富。该属植物多具有清热解毒、活血散瘀等功效, 可用于治疗感冒发热、咽喉肿痛、肠炎、阑尾炎、痔疮、跌打损伤、冻疮、毒蛇咬伤等。随着国内外学者对该属植物中特色多烯炔类成分及其生物活性的研究不断深入, 其在抗炎^[1-3]、抗癌^[4]、抗疟疾^[5-6]等方面的良好活性及作用已被证实。然而, 近年来系统报道这一特色成分的文献却并不多

见, 故本文对鬼针草属植物中多烯炔及其苷类成分的植物来源、结构类型及生物活性方面进行综述, 以期为该属植物的深入研究与利用提供参考。

1 植物来源

目前, 国内外研究人员对鬼针草属中小花鬼针草 *Bidens parviflora* Willd.、三叶鬼针草 *B. pilosa* L.、鬼针草 *B. bipinnata* L. 等 17 种植物进行了化学成分研究, 发现了 68 个多烯炔及其苷类化合物, 多烯炔类成分的化学名称、植物来源及部位见表 1。

收稿日期: 2018-01-23

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目 (81303202); 山东省高等学校科研发展计划项目 (J17KA251)

作者简介: 王 瑞 (1982—), 博士, 讲师, 研究方向为天然药物化学。Tel: (0536)8785288 E-mail: wangrui0810@wfu.edu.cn

表1 鬼针草属植物中的多烯炔类成分
Table 1 Polyacetylenes isolated from genus of *Bidens*

编号	化合物名称	结构类型	植物来源	部位	文献
1	heptadeca-1,8Z,15E-triene-11,13-diyne	A	<i>B. campylotheca</i>	叶	7
2	heptadeca-1,8Z,15E-triene-11,13-diyne-17-ol	A	<i>B. graveolens</i>	地上部分	8
3	heptadeca-1,8Z,15E-triene-17-oxo-11,13-diyne	A	<i>B. graveolens</i>	地上部分	8
4	heptadeca-1,8Z,15E-triene-11,13-diyne-17-ol isobutyrate	A	<i>B. graveolens</i>	地上部分	8
5	heptadeca-2E,8E,10E,16-tetraene-4,6-diyne	A	<i>B. pilosa</i>	全草	9
6	heptadeca-8E,10E,16-triene-2,4,6-triyne	A	<i>B. torta</i>	叶	7
7	heptadeca-2E,8E,16-triene-4,6-diyne-10-ol	A	<i>B. campylotheca</i>	叶	10
8	heptadeca-2E,8E,10Z,16-tetraene-4,6-diyne	A	<i>B. campylotheca</i>	叶	10
9	heptadeca-2E,8E,10E-triene-4,6-diyne-1,17-diol	A	<i>B. aurea</i>	根	11
10	1,5-oxido-heptadeca-6E,12E-diene-8,10-diyne-4-ol	B	<i>B. molokaiensis</i>	根	7
11	1-β-D-glucopyranosyloxy-3-hydroxy-6E-tetradecene-8,10,12-triyne	B	<i>B. pilosa</i>	全草	12
12	3-β-D-glucopyranosyloxy-1-hydroxy-6E-tetradecene-8,10,12-triyne	B	<i>B. pilosa</i>	地上部分	13
13	1,3-dihydroxy-6(E)-tetradecene-8,10,12-triyne	B	<i>B. pilosa</i>	全草	14
14	(6E,12E)-3-oxo-tetradeca-6,12-dien-8,10-diyne-1-ol	B	<i>B. pilosa</i>	地上部分	15
15	3-oxo-tetradeca-6E,12E-diene-8,10-diyne-1-ol isobutyrate	B	<i>B. graveolens</i>	根	8
16	(6E,12E)-3-oxotetradecadiene-8,10-diyne-14-hydroxyl-1-O-β-D-glucopyranoside	B	<i>B. bipinnata</i>	全草	16
17	(6E,12E)-tetradecadiene-8,10-diyne-1,3,14-triol	B	<i>B. bipinnata</i>	全草	16
18	(6E,12E)-tetradecadiene-8,10-diyne-1,14-diol-3-O-β-D-glucopyranoside	B	<i>B. bipinnata</i>	全草	16
19	trideca-1,11E-diene-3,5,7,9-tetrayne	C	<i>B. graveolens</i>	根	11
20	trideca-2E,12-diene-4,6,8,10-tetrayne-1-ol	C	<i>B. aurea</i>	根	11
21	trideca-2E,12-diene-4,6,8,10-tetrayne-1-ol ethanoate	C	<i>B. aurea</i>	根	11
22	trideca-2E,12-diene-4,6,8,10-tetrayne-1-aldehyde	C	<i>B. aurea</i>	根	11
23	trideca-1,11Z-diene-3,5,7,9-tetrayne	C	<i>B. graveolens</i>	根	8
24	trideca-1,3E,5E,11E-tetraene-7,9-diyne	C	<i>B. aurea</i>	根	11
25	(5E)-1,5-tridecadiene-7,9-diyne-3,4,12-triol	C	<i>B. pilosa</i>	全草	14
26	1-tridecene-3,5,7,9,11-pentayne	C	<i>B. campylotheca</i>	叶	7
27	safynol	C	<i>B. valida</i>	叶	10
28	safynol-2-O-isobutyrate	C	<i>B. campylotheca</i>	叶	10
29	trideca-1,3E,11E-triene-5,7,9-triyne	C	<i>B. menziesii</i>	叶	7
30	trideca-2E,10E,12E-triene-4,6,8-triyne-1-ol	C	<i>B. micrantha</i>	叶	7
31	trideca-2E,10E,12E-triene-4,6,8-triyne-1-ol ethanoate	C	<i>B. micrantha</i>	叶	7
32	(3E,11E)-tridecadiene-6,8,10-triyne-1,2,13-triol	C	<i>B. bipinnata</i>	全草	16
33	3E,11E-diethylene-5,7,9-triacylne-1,13-tridecanglycol-2-O-β-D-glucoside	C	<i>B. bipinnata</i>	叶	17
34	2,3-epoxy-12-tridecene-4,6,8,10-tetrayne	C	<i>B. andicola</i>	叶	8
35	2-β-D-glucopyranosyloxy-1-hydroxy-5E-tridecene-7,9,11-triyne	C	<i>B. pilosa</i>	地上部分	13
36	tridec-5-ene-7,9,11-triyne-3-ol	C	<i>B. pilosa</i>	全草	18
37	2-β-D-glucopyranosyloxy-1-hydroxy-trideca-5,7,9,11-tetrayne	C	<i>B. pilosa</i>	地上部分	13
38	1,2-dihydroxytrideca-5,7,9,11-tetrayne	C	<i>B. pilosa</i>	全草	14

续表 1

编号	化合物名称	结构类型	植物来源	部位	文献
39	1,2-dihydroxytrideca-3,5,7,9,11-pentayne	C	<i>B. pilosa</i>	全草	3
40	2-β-D-glucopyranosyloxy-1-hydroxy-trideca-3,5,7,9,11-pentayne	C	<i>B. pilosa</i>	全草	3
41	2-O-β-D-glucosyltrideca-3Z,11E-diene-5,7,9-triyn-1,2-diol	C	<i>B. campylothea</i>	地上部分	19
42	2-O-β-D-glucosyltrideca-3E,11E-diene-5,7,9-triyn-1,2-diol	C	<i>B. campylothea</i>	地上部分	19
43	2-O-β-D-glucosyltrideca-11E-ene-3,5,7,9-tedrayne-1,2-diol	C	<i>B. campylothea</i>	地上部分	19
44	(2S,5E,11E)-tridecadiene-7,9-diyne-1,2,13-triol	C	<i>B. bipinnata</i>	全草	16
45	8Z-decaene-4,6-diyne-1-O-β-D-glucopyranoside	D	<i>B. bipinnata</i>	地上部分	20
46	8E-decaene-4,6-diyne-3,10-dihydroxy-1-O-β-D-glucopyranoside	D	<i>B. bipinnata</i>	地上部分	20
47	3R,8Z-8-decene-4,6-diyne-1,3-diol-1-O-β-D-glucopyranoside	D	<i>B. parviflora</i>	全草	2
48	3R-deca-4,6,8-triyn-1,3-diol-1-O-β-D-glucopyranoside	D	<i>B. parviflora</i>	全草	2
49	8E-decene-4,6-diyne-1,10-diol-1-O-β-D-glucopyranoside	D	<i>B. parviflora</i>	全草	2
50	8E-decene-4,6-diyne-1,3,10-triol	D	<i>B. parviflora</i>	全草	21
51	3R,8E-8-decene-4,6-diyne-1,3,10-triol-1-O-β-D-glucopyranoside	D	<i>B. parviflora</i>	全草	2
52	3R,8E-8-decene-4,6-diyne-1,3-diol-1-O-β-D-glucopyranoside	D	<i>B. parviflora</i>	全草	2
53	1-phenyl-hepta-1,3,5-triyn-1-ol	E	<i>B. pilosa</i>	叶	22
54	7-phenyl-hepta-2,4,6-triyn-1-ol	E	<i>B. pilosa</i>	叶	22
55	7-phenyl-hepta-1-acetoxyl-2,4,6-triyn-1-ol	E	<i>B. pilosa</i>	叶	22
56	1-phenyl-5E-heptene-1,3-diyne	E	<i>B. pilosa</i>	全草	23
57	7-phenyl-2-heptene-4,6-diyne-1-ol	E	<i>B. pilosa</i>	叶	22
58	7-phenyl-2-heptene-1-acetoxyl-4,6-diyne	E	<i>B. pilosa</i>	根	22
59	7-phenyl-hepta-4,6-diyne-2-ol	E	<i>B. pilosa</i>	全草	23
60	7-phenyl-hepta-4,6-diyne-1,2-diol	E	<i>B. pilosa</i>	地上部分	15
61	5-(2-phenylethynyl)-2-methyl-thiophene	F	<i>B. hillebrandiana</i>	根	7
62	5-(2-phenylethynyl)-2-thiophene methanol	F	<i>B. pilosa</i>	地上部分	15
63	5-(2-phenylethynyl)-2-thiophene methanol	F	<i>B. sandvicensis</i>	根	7
64	5-(2-phenylethynyl)-2-thiophene methanol ethanoate	F	<i>B. torta</i>	根	7
65	5-(2-phenylethynyl)-2-β-glucosylmethyl-thiophene	F	<i>B. pilosa</i>	地上部分	15
66	5-(3-butene-1-ynyl)-2,2'-bithiophene	F	<i>B. connatus</i>	叶	8
67	2-(5-hexene-1,3-diynyl)-5-(1-propylyne)-thiophene	F	<i>B. connatus</i>	根	8
68	2-(3E-pentene-1-ynyl)-2-(2-butene-1-ynyl)-thiophene	F	<i>B. tripartitus</i>	地上部分	24

A-C₁₇ 长链多烯炔类 B-C₁₄ 长链多烯炔类 C-C₁₃ 长链多烯炔类 D-C₁₀ 长链多烯炔类 E-苯基烯炔类 F-噻吩烯炔类

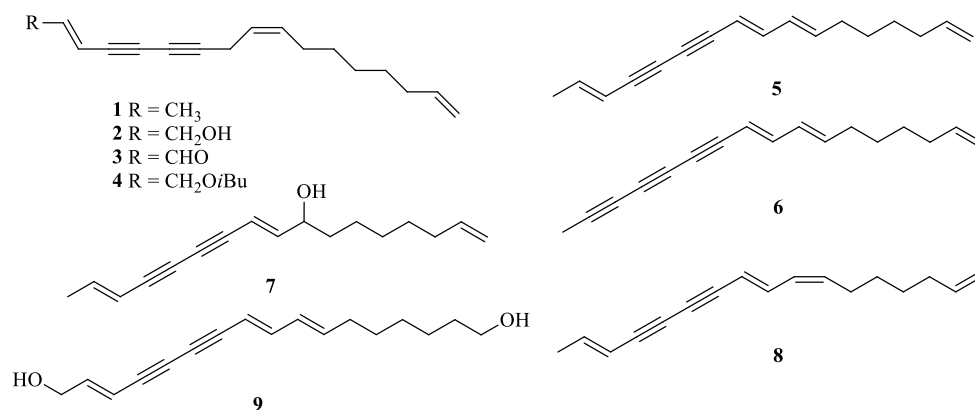
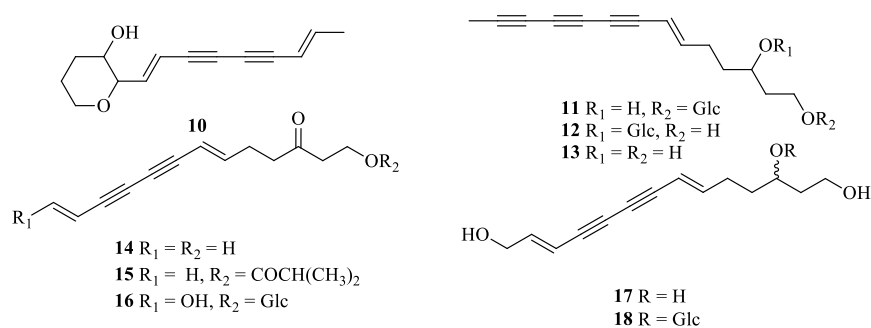
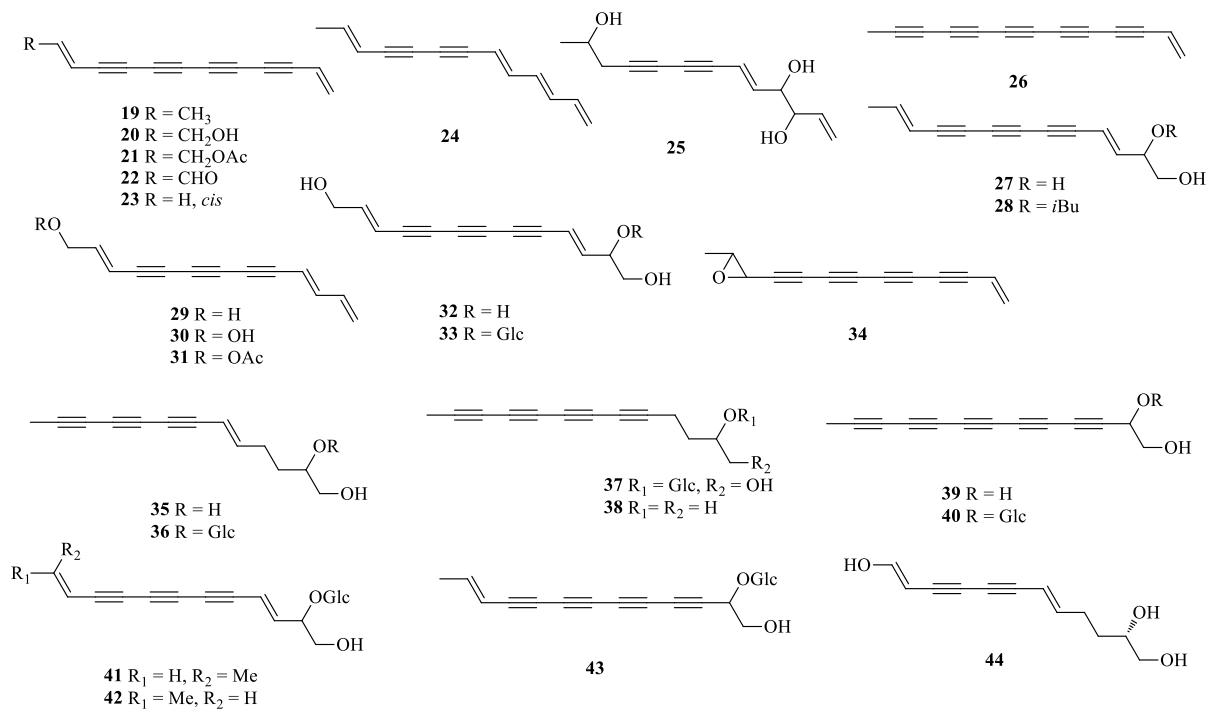
A-polyacetylenes with seventeen carbon B-polyacetylenes with fourteen carbon C-polyacetylenes with thirteen carbon D-polyacetylenes with ten carbon E-polyacetylenes with phenyl F-polyacetylenes with thiophene

2 结构类型及特点

作为菊科鬼针草属植物中的特征性成分,该类化合物一般具有多个双键和炔键存在的共轭体系,分子中也常含有饱和、不饱和环状或杂环等结构。根据文献报道的从该属植物中分离得到的烯炔类化合物的结构特点,可将其分成以下3种类型:长链烯炔类、苯基烯炔类和噻吩烯炔类。

2.1 长链烯炔类

长链多烯炔类化合物均是由常见的不饱和脂肪酸类成分经过一系列的水解、氧化、还原等途径衍生而来的^[8]。根据所含碳原子数和生物合成途径的差异,可将该类化合物具体划分为C₁₇(**1~9**,图1)、C₁₄(**10~18**,图2)、C₁₃(**19~44**,图3)和C₁₀(**45~52**,图4)5种类型。

图 1 鬼针草属中 C₁₇ 长链多烯炔类化合物Fig. 1 Polyacetylenes with seventeen carbon from genus of *Bidens*图 2 鬼针草属中 C₁₄ 长链多烯炔类化合物Fig. 2 Polyacetylenes with fourteen carbon from genus of *Bidens*图 3 鬼针草属中 C₁₃ 长链多烯炔类化合物Fig. 3 Polyacetylenes with thirteen carbon from genus of *Bidens*

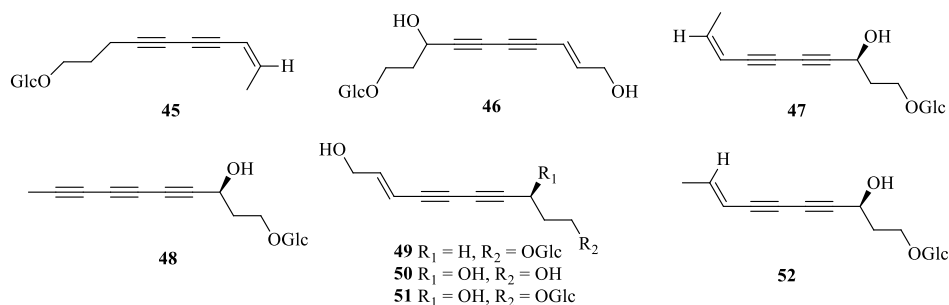


Fig. 4 Polyacetylenes with ten carbon from genus of *Bidens*

2.2 苯基烯炔类

鬼针草属植物中苯基烯炔类化合物(53~60, 图5)主要来源于三叶鬼针草中, 结构类型相对较简单, 但极性较小的化合物在植物体内的含量却较高, 如目前国内外研究较多的化合物7-苯基庚三炔(53), 其具有较好的抗癌和抗疟疾活性^[4]。

2.3 噻吩烯炔类

目前, 从鬼针草属植物中分离得到的具有噻吩环结构的烯炔类成分较少, 且多数为噻吩环与单取代苯环通过炔键相连的结构 (**61**~**65**, 图 6), 以及 3 个骨架类型少见的噻吩烯炔类化合物 (**66**~**68**, 图 6)。

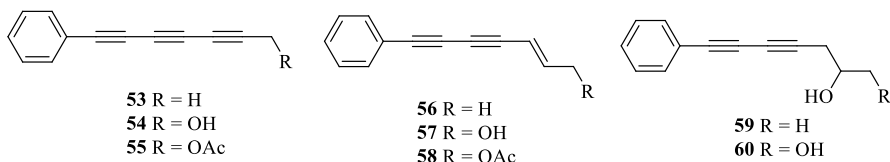


Fig. 5 Polyacetylenes with phenyl from genus of *Bidens*

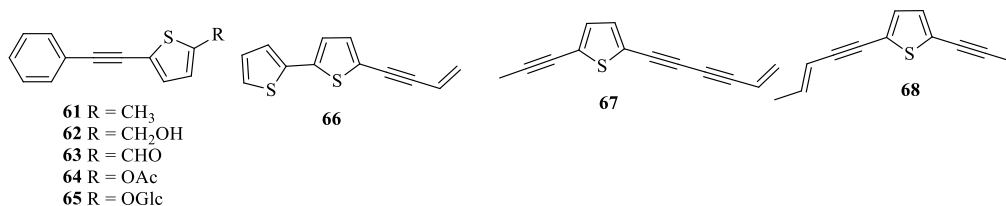


Fig. 6 Polyacetylenes with thiophene from genus of *Bidens*

3 生物活性

3.1 抗炎作用

为确定鬼针草中的抗炎有效成分, 王建平等^[26]对从中分离到的鬼针多烯炔苷进行了 5 种抗炎实验模型的药理活性研究, 发现多烯炔苷类成分能明显抑制巴豆油所致小鼠耳肿胀及蛋清性足肿胀, 有效降低大鼠棉球肉芽肿质量, 显著抑制小鼠毛细血管通透性和醋酸致炎的白细胞游走, 其抗炎效果大多与地塞米松无明显差异, 甚至有的作用略强。此外, Pereira 等^[1]证实该属植物中多烯炔类成分的抗炎作用与其良好的免疫抑制活性有关, 在淋巴细胞增殖

和酵母多糖诱导的关节炎小鼠实验中，化合物 **43** 表现出显著的抗炎和免疫调节活性。Chang 等^[27-28]研究了化合物 **12**、**36**、**38** 的抗炎作用机制，指出它们不仅可以抑制多种炎症因子干扰素- γ (IFN- γ) 等的释放，还可以诱导抗炎因子白细胞介素-4 (IL-4) 的产生。

3.2 降血糖作用

大量实验研究显示, 多烯炔类化合物是鬼针草属植物中抗糖尿病活性的主要活性成分。多烯炔萜类化合物 (**12**、**36**、**38**) 通过抑制 Th0 细胞分化为 Th1 细胞, 促进 Th0 细胞分化为 Th2 细胞来预防糖

尿病,表现出显著的降血糖作用^[13,27-30]。经非肥胖型糖尿病小鼠动物体内实验证实,化合物 **38** 可通过调整 T 细胞实现免疫调节,从而有效地预防糖尿病,其主要的作用机制为抑制脾脏和胰腺的 CD4 和 I 型 Th 细胞的增殖,促进 II 型 Th 细胞的生长及提高 GATA-3 的转录^[27];与其他的糖尿病预防药物相比,化合物 **38** 表现出相对较小的毒性和较弱的免疫系统损伤。

3.3 抗癌作用

近年来,有关鬼针草属植物的抗肿瘤活性研究得到国内外的广泛重视,并一直认可其中所含的多烯炔及其苷类成分可能为潜在的抗肿瘤药物或先导化合物。Wang 等^[31]采用 MTT 细胞生存率检测法研究了鬼针草中 5 种组分(包括多烯炔类混晶、多烯炔及其苷等)对 2 种白血病细胞 HL-60、V937 的体外增殖抑制作用,结果表明,这 5 种成分对这 2 种白血病细胞增殖均有不同程度的抑制作用,其中多烯炔混晶和鬼针草多烯炔苷的活性最强,对 V937 细胞的半数抑制浓度(IC_{50}) $\leq 60 \mu\text{g/mL}$ 。多项研究表明^[4,12,32],化合物 **53** 对多种肿瘤细胞具有细胞毒活性,尤其是对人肝癌 HepG2 细胞和人结肠癌 Caco-2 细胞的毒性较为显著(IC_{50} 分别为 0.49、0.70 $\mu\text{g/mL}$)。在肿瘤微环境下,Wu 等^[14]研究了三叶鬼针草中 3 个多烯炔类成分(**13**、**35**、**37**)对人脐静脉内皮细胞 HUVEC 增殖的影响,证实该类成分在肿瘤细胞血管生成方面表现出显著的抑制活性(IC_{50} 分别为 2.5、0.375、2.5 $\mu\text{g/mL}$);其中,化合物 **35** 在 2.5 $\mu\text{g/mL}$ 质量浓度下可完全抑制 HUVEC 细胞的增殖。毒理实验显示,该类成分对正常细胞生长并未表现出不利影响。

3.4 抗疟作用

Brandao 等^[5]对 9 种鬼针草属植物提取物进行抗疟实验,结果表明其中 7 种植物提取物具有体外抑制寄生虫生长作用,以三叶鬼针草提取物的活性最强,抗疟活性与其中含有的多烯炔类和黄酮类成分有关。Oliveira 等^[6]通过体内活性实验证实三叶鬼针草根部分提取物中分离得到的化合物 **58** 具有明显的抗疟活性。Kumari 等^[4]研究发现,该属植物中含量最高的多烯炔类化合物 **53** 对镰状疟原虫表现出较强的抑制活性($IC_{50}=6.1 \mu\text{g/mL}$)。Tobinaga 等^[3]研究了三叶鬼针草的地上部分中多烯炔类成分的抗疟活性,体外实验显示化合物 **39** 在 1 $\mu\text{g/mL}$ 质量浓度下可完全抑制镰状疟原虫的生长,体内实验进一

步证明化合物 **39** 在 0.8 mg/kg 剂量下即可对感染 4 d 以上的小鼠体内伯氏疟原虫表现出显著的抑制活性。此外,Brandao 等^[5]和 Xuan 等^[33]研究发现,鬼针草属植物提取物的抗疟活性并不显著,其原因在于提取和分离过程中活性成分会迅速降解,而特色多烯炔类成分之所以能在体内显示出较强的抗疟活性则主要依赖于紫外光的影响。

3.5 抗微生物作用

该属植物中含量较高的多烯炔类化合物 **53** 的广谱抗菌活性早已被证实,Bondarenko 等^[34]通过系列实验验证了该化合物对细菌、真菌、酵母菌以及霉菌的显著抑制活性。Bourque 等^[35]证实了化合物 **53** 只有在光照条件下,才能表现出对谷物病原真菌的显著光敏抑制活性。Wat 等^[22]和 Towers 等^[36]的研究进一步说明,在黑暗条件下,化合物 **53** 对细菌、酵母菌和丝状真菌无抑制活性,其良好的抑制活性可以被日光灯或者太阳光很好的诱导激活。然而,并非所有的多烯炔类成分像化合物 **53** 那样对微生物具有光敏抑制活性,化合物 **19** 和 **26** 表现出了在无光照条件下特征性的对细菌与真菌的抑制活性^[25,37],这也验证了 Towers 等^[38]关于三叶鬼针草提取物在黑暗条件下有效抑制白色念珠菌的报道。

4 结语

近年来,鬼针草属植物中特色多烯炔类成分及药理作用逐渐引起了国内外学者的普遍关注,其具有结构类型多样、含量高、药理作用(抗炎、降血糖、抗疟等)显著的特点。对于该类成分的研究已取得了一些进展,但仍存在一些不足,主要体现在对极性大的烯炔糖苷类成分的结构多样性、不稳定性和立体构型等方面的研究不够全面,体内药理活性研究不够深入,如化合物的生源合成途径、单体化合物的体内活性筛选、药理作用机制及生物利用度等方面的研究都有待进一步加强。随着新的分离分析、检测技术以及细胞生物学、分子生物学等学科的飞速发展,人们对多烯炔类化合物的认识必将会更加全面深入,使该属植物资源得到更加合理的开发与利用。

参考文献

- [1] Pereira R L C, Ibrahim T, Lucchetti L, et al. Immunosuppressive and anti-inflammatory effects of methanolic extract and the polyacetylene isolated from *Bidens pilosa* L. [J]. *Immunopharmacology*, 1999, 43(1): 31-37.

- [2] Wang N, Yao X S, Ishii R, *et al.* Antiallergic agents from natural sources. 3. Structures and inhibitory effects on nitric oxide production and histamine release of five novel polyacetylene glucosides from *Bidens parviflora* Willd [J]. *Chem Pharm Bull*, 2001, 49(8): 938-942.
- [3] Tobinaga S, Sharma M K, Aalbersberg W G L, *et al.* Isolation and identification of a potent antimalarial and antibacterial polyacetylene from *Bidens pilosa* [J]. *Planta Med*, 2009, 75(6): 624-628.
- [4] Kumari P, Misra K, Sisodia B S, *et al.* A promising anticancer and antimalarial component from the leaves of *Bidens pilosa* [J]. *Planta Med*, 2009, 75(1): 59-61.
- [5] Brandao M G L, Krettli A U, Soares L S R, *et al.* Antimalarial activity of extracts and fractions from *Bidens pilosa* and *Bidens* species (Asteraceae) correlated with the presence of acetylene and flavonoid compounds [J]. *J Ethnopharmacol*, 1997, 57(2): 131-138.
- [6] Oliveira F Q, Andrade-Neto V, Krettli A U, *et al.* New evidences of antimalarial activity of *Bidens pilosa* roots extract correlated with polyacetylene and flavonoids [J]. *J Ethnopharmacol*, 2004, 93(1): 39-42.
- [7] Marchant Y Y, Ganders F R, Wat C K, *et al.* Polyacetylenes in Hawaiian *Bidens* [J]. *Biochem Syst Ecol*, 1984, 12(2): 167-178.
- [8] Bohlmann F, Ahmed M, King R M, *et al.* Acetylenic compounds from *Bidens graveolens* [J]. *Phytochemistry*, 1983, 22(5): 1281-1283.
- [9] 王硕丰, 杨本明, 李立标, 等. 三叶鬼针草活性成分研究 [J]. 中草药, 2005, 36(1): 20-21.
- [10] Redl K, Breu W, Davis B, *et al.* Anti-inflammatory active polyacetylenes from *Bidens campylothea* [J]. *Planta Med*, 1994, 60(1): 58-62.
- [11] Bohlmann F, Zdero C. A new eugenol derivative from *Bidens aurea* [J]. *Chem Ber*, 1975, 108(2): 440-444.
- [12] Alvarez L, Marquina S, Villarreal M L, *et al.* Bioactive polyacetylenes from *Bidens pilosa* [J]. *Planta Med*, 1996, 62(4): 355-357.
- [13] Ubillas R P, Mendez C D, Jolad S D, *et al.* Antihyperglycemic acetylenic glucosides from *Bidens pilosa* [J]. *Planta Med*, 2000, 66(1): 82-83.
- [14] Wu L W, Chiang Y M, Chuang H C, *et al.* Polyacetylenes function as anti-angiogenic agents [J]. *Pharm Res*, 2004, 21(11): 2112-2119.
- [15] Wang R, Wu Q X, Shi Y P. Polyacetylenes and flavonoids from the aerial parts of *Bidens pilosa* [J]. *Planta Med*, 2010, 76(9): 893-896.
- [16] Wang X Y, Chen G R, Pan C X, *et al.* Polyacetylenes from *Bidens bipinnata* L. and their biological activities [J]. *Phytochemistry Lett*, 2014, 7: 198-201.
- [17] Wang J P, Ishii H, Harayama T S, *et al.* Study on the chemical constituents of *Bidens bipinnata* a new polyacetylene glycoside [J]. *Chin Chem Lett*, 1992, 3(4): 287-288.
- [18] Sarg T M, Ateva A M, Farraq N M, *et al.* Constituents and biological activity of *Bidens pilosa* L. grown in Egypt [J]. *Acta Pharm Hung*, 1991, 61: 317-323.
- [19] Bauer R, Redl K, Davis B. Four polyacetylene glucosides from *Bidens campylothea* [J]. *Phytochemistry*, 1992, 31(6): 2035-2037.
- [20] Li S, Kuang H X, Okada Y, *et al.* New acetylenic glucosides from *Bidens bipinnata* Linne [J]. *Chem Pharm Bull*, 2004, 52(4): 439-440.
- [21] Li Y L, Li J, Wang N L, *et al.* Flavonoids and a new polyacetylene from *Bidens parviflora* willd [J]. *Molecules*, 2008, 13(8): 1931-1941.
- [22] Wat C K, Biswas R K, Graham E A, *et al.* Ultraviolet-mediated cytotoxic activity of phenylheptatriyne from *Bidens pilosa* L. [J]. *J Nat Prod*, 1979, 42(1): 103-111.
- [23] Chang M H, Wang G J, Kuo Y H, *et al.* The low polar constituents from *Bidens pilosa* L. var. *minor* (Blume) Sherff [J]. *J Chin Chem Soc*, 2000, 47(5): 1131-1136.
- [24] Christensen L P, Lam J, Thomasen T. A chalcone and other constituents of *Bidens tripartitus* [J]. *Phytochemistry*, 1990, 29(10): 3155-3156.
- [25] Bohlmann F, Burkhardt T, Zdero C. *Naturally Occurring Acetylenes* [M]. Academic press: London, 1973.
- [26] 王建平, 张惠云, 秦红岩, 等. 鬼针草抗炎新成分的药理作用 [J]. 中草药, 1997, 28(11): 665-668.
- [27] Chang S L, Yeh H H, Lin Y S, *et al.* The effect of centaurein on interferon-gamma expression and *Listeria* infection in mice [J]. *Toxicol Appl Pharmacol*, 2007, 219: 54-61.
- [28] Chang S L, Chang C L T, Chiang Y M, *et al.* Polyacetylenic compounds and butanol fraction from *Bidens pilosa* can modulate the differentiation of helper T cells and prevent autoimmune diabetes in non-obese diabetic mice [J]. *Planta Med*, 2004, 70(11): 1045-1051.
- [29] Hsu Y J, Lee T H, Chang C L T, *et al.* Anti-hyperglycemic effects and mechanism of *Bidens pilosa* water extract [J]. *J Ethnopharmacol*, 2009, 122(2): 379-383.
- [30] Chiang Y M, Chang C L T, Chang S L, *et al.* Cytopiloyne, a novel polyacetylenic glucoside from *Bidens pilosa*, functions as a T helper cell modulator [J]. *J Ethnopharmacol*, 2007, 110(3): 532-538.
- [31] Wang J P, Qin H Y, Zhang H Y, *et al.* Inhibition of 5

- compounds from *Bidens bipinnata* on leukemia cells *in vitro* [J]. *J Chin Med Mat*, 1997, 20(5): 247-249.
- [32] Siddiq A, Dembitsky V. Acetylenic anticancer agents [J]. *Anticancer Agent Med Chem*, 2008, 8(2): 132-170.
- [33] Xuan T D, Khanh T D. Chemistry and pharmacology of *Bidens pilosa*: An overview [J]. *J Pharm Invest*, 2016, 46(2): 91-132.
- [34] Bondarenko A S, Petrenko G T, Aizenman B E, *et al.* Antimicrobial properties of phenylheptatriyne, a polyacetylene antibiotic [J]. *Mikrobiol Zh*, 1985, 47(1): 81-83.
- [35] Bourque G, Arnason J T, Madhosingh C, *et al.* The photosensitization of the plant pathogen *Fusarium culmorum* by phenylheptatriyne from *Bidens pilosa* [J]. *Can J Bot*, 1985, 63(5): 899-902.
- [36] Towers G H N, Wat C K. Biological activity of polyacetylenes [J]. *Rev Latinoamer Quim*, 1978, 9(3): 162-170.
- [37] Geissberger P, Sequin U. Constituents of *Bidens pilosa* L.: Do the components found so far explain the use of this plant in traditional medicine? [J]. *Acta Trop*, 1991, 48(4): 251-261.
- [38] Towers G H N, Wat C K, Graham E A, *et al.* Ultraviolet-mediated antibiotic activity of species of compositae caused by polyacetylenic compounds [J]. *Lloydia*, 1977, 40(5): 487-498.