

麻疯树属植物化学成分和药理活性的研究进展

赵伟红¹, 初阳^{2*}, 李宁^{1*}

1. 沈阳药科大学 中药学院 基于靶点的药物设计与研究教育部重点实验室, 辽宁 沈阳 110016

2. 中国医科大学附属第一医院 药学部, 辽宁 沈阳 110001

摘要: 大戟科麻疯树属植物由于具有较高的药用价值, 其根、茎、叶、种子均可入药, 在民间应用广泛。该属植物野生部分在我国主要分布于广东、海南等地。研究表明该属植物主要含有萜类、黄酮类、木脂素类、香豆素类、生物碱类等化学成分, 具有抗肿瘤、抗 HIV、抑菌、杀虫、抗氧化等多方面的药理活性。综述了近年来国内外对麻疯树属植物的化学成分和药理活性的研究进展。

关键词: 麻疯树属; 化学成分; 药理活性

中图分类号: R282.71 文献标志码: A 文章编号: 1674-5515(2014)01-0097-08

DOI: 10.7501/j.issn.1674-5515.2014.01.023

Research progress on chemical constituents and pharmacological activities of plants in *Jatropha* L.

ZHAO Wei-hong¹, CHU Yang², LI Ning¹

1. Key Laboratory of Structure-Based Drug Design & Discovery, Ministry of Education, School of Traditional Chinese Materia Medica, Shenyang Pharmaceutical University, Shenyang 110016, China

2. Department of Pharmacy, The First Affiliated Hospital of China Medical University, Shenyang 110001, China

Abstract: The plants in *Jatropha* L., Euphorbiaceae family are widely used in folks because of their officinal values. The roots, stems, leaves and fruits of these plants could be used as medicine. Part of wild plants mainly distributed in Guangdong and Hainan Provinces. The plants chiefly contain terpenoids, flavonoids, lignans, coumarin, alkaloids, and so on. Furthermore, they play an important role in anti-cancer, anti-HIV, anti-bacteria, killing germs and antioxidation. This article summarizes the chemical constituents and pharmacological of activities the plants in *Jatropha* L. in recent years.

Key words: plants in *Jatropha* L.; chemical constituents; pharmacological activities

大戟科 Euphorbiaceae 麻疯树属 *Jatropha* L. 植物为落叶灌木、乔木、亚灌木或具有根状茎的多年生草本植物。全世界麻疯树属植物约有 200 种, 主要产于美洲的热带及亚热带地区, 少数产于非洲。在我国常见栽培或野生的有 3 种, 分别为麻疯树 *Jatropha curcas* L.、珊瑚花 *J. multifida* Linn、佛肚树 *J. podagrica* Hook.。此外尚有少量栽培的棉叶珊瑚花(棉叶麻疯树) *J. gossypifolia* Linn. 和变叶珊瑚花(琴叶珊瑚) *J. integerrima* Jacq.^[1]。迄今为止, 已报道的麻疯树属植物的化学成分有萜类、黄酮类、

木脂素类、香豆素类、生物碱类等, 这些成分具有抗肿瘤、抗 HIV、抑菌、杀虫、抗氧化等多方面的药理活性。近年来, 国内对麻疯树属植物的化学成分报道较少, 为了更好地开发该属的药用植物资源, 本文对近年来报道的麻疯树属植物的化学成分和药理活性进行总结。

1 化学成分

1.1 萜类

麻疯树属中的萜类化合物主要来自其树皮、茎、叶、根以及种子, 包括有倍半萜、二萜和三萜类化

收稿日期: 2013-10-29

基金项目: 辽宁省中医药科技创新项目资助项目(2001-lnzyzk-07); 辽宁省高等学校杰出青年学者成长计划资助项目(LJQ2012088)

作者简介: 赵伟红(1989—), 女, 山西夏县人, 在读硕士, 主要从事天然药物化学研究。Tel: (024)23986475 E-mail: zhaoweihong2012@126.com

*通信作者 初阳(1980—), 女, 辽宁沈阳人, 主要从事中药药物制剂研究。Tel: (024)83282052 E-mail: chuyang1980@aliyun.com;

李宁(1979—), 女, 河北保定人, 主要从事天然药物化学研究。Tel: (024)23986475 E-mail: liningsypharm@163.com

合物。之后许多学者又陆续发现并鉴定了一些结构复杂的萜类化合物。

1.1.1 倍半萜类 麻疯属中的倍半萜类成分有从麻疯树地上部分的甲醇提取物中分离得到的八氢-4-羟基-3 α -甲基-7-亚甲基- α -(1-甲基乙基)-1*H*-茛-1-甲醇、10 α -羟基-15-酮基- α -杜松醇、15-酮基-T-杜松醇、3 α ,4 β ,9 β -H-10 α -甲基异胡萝卜-5-烯-11-醛、(\pm)-1 β ,6 α -二羟基-桉叶-4(15)-烯、二氢吐叶醇、(3*S*,5*R*,6*S*,7*E*)-3,5,6-三羟基-7-大柱烯-9-酮^[2]; 还有从

麻疯树的根中分离得到的(1*S*,2*R*)-dihydroxycycloax-4(15)-ene 和 14-dehydroxyldaucucarotol^[3]以及从变叶珊瑚花的根中分离得到的 2-keto-5-hydroxyguai-3,11-diene 和 jatrophadioxa^[4]。

1.1.2 二萜类 麻疯树属中二萜类成分主要为三环二萜和四环二萜。此外还有分别为无环二萜和双环二萜的植醇^[5]和麻疯树三酮^[6]等。麻疯树属植物中分离鉴定的二萜类化合物(1~63)见表1,其结构式见图1。

表1 麻疯树属植物中的二萜类化合物

Table 1 Diterpenoid compounds in plants of *Jatropha* L.

编号	化合物名称	来源	文献	编号	化合物名称	来源	文献
1	麻疯树酮	a	7	32	heudelotone	c	10
2	2 α -羟基麻疯树酮	a	7	31	3 β ,12-dihydroxy-13-methylpodocarpane-8,10,13-triene	c	10
3	2 β -羟基麻疯树酮	a	7	33	deoxofaveline	g	19
4	2 β -hydroxy-5,6-isojatrophone	a	7	34	faveline methyl ether	g	19
5	jatrowedione	b	8	35	faveline	g	19
6	jatrogrossidione	b	8	36	1,5-dioxo-2,3-dihydroxyrhamnofola-4(10),6,11(18),15-tetraene	e	4
7	jatrophene	a	9	37	curcusones A	c	10
8	15-epi-(4 <i>E</i>)-jatrogrossidentadion	c	10	38	curcusones B	c	10
9	15- <i>O</i> -acetyl-15-epi-(4 <i>E</i>)-jatrogrossidentadion	c	10	39	curcusones C	c	10
10	2 α -hydroxyl-isojatrogrossi dentaddione	c	10	40	curcusones D	c	10
11	japodagrol	d	11	41	curcusone E	c	16
12	integerrimene	e	6	42	2-epijatrogrossidione	c	15
13	16-羟基佛波醇	d	11	43	jaherin	h	20
14	12-脱氧-16-羟基佛波醇	a	12	44	spirocurcasone	c	16
15	2 α -羟基麻疯树酚酮	e	4	45	citlaltirione	a	21
16	2 β -羟基麻疯树酚酮	e	4	46	riolozatrione	e	6
17	麻疯树酚酮 A	a	13	47	multidione	c	16
18	麻疯树酚酮 B	a	13	48	neofavelanone	f	22
19	麻疯树醇	c	14	49	2-epicaniojane	e	6
20	jatrophodione A	c	15	50	caniojane	e	4, 6
21	acetoxylatropholone	c	16	51	1,11-bisepicaniojane	e	4, 6
22	麻疯树萜醇 I	c	17	52	2-hydroxy-3-dehydroxycaniojane	c	3
23	(3 α)-3-hydroxy-ent-pimara-8(14),1,5-dien-12-one	c	15	53	cleomiscosin A	a	23
24	spruceanol	f	18	54	propacin	a	24
25	cleistanthol	f	18	55	palmarumycin CP1	c	25
26	ent-3 β ,14 α -hydroxypimara-7,9(11),15-triene-12-one	f	18	56	palmarumycin JC1	c	25
27	ent-15(13 \rightarrow 8)abeo-8 β (ethyl)-pimarane	f	18	57	palmarumycin JC2	c	25
28	12-hydroxy-13-methylpodocarpane-8,11,13-trien-3-one	c	15	58	Jatropha factor C1	c	12
29	gossweilone	c	15	59	Jatropha factor C2	c	12
30	3 β -acetoxyl-12-methoxy-13-methylpodocarpane-8,11,13-trien-7-one	c	10	60	Jatropha factor C3	c	12
				61	Jatropha factor C4	c	12
				62	Jatropha factor C5	c	12
				63	Jatropha factor C6	c	12

a-棉叶珊瑚花 *J. gossypifolia* Linn.; b-*J. weddelliana* Bailoon; c-麻疯树 *J. curcas* L.; d-佛肚树 *J. podagrica* Hook.; e-变叶珊瑚花 *J. integerrima* Jacq.; f-*J. divaricata* Sw.; g-*Cnidocolus phyllacanthus* Pax et k. Hoffm.; h-*J. zeyheri* Sond

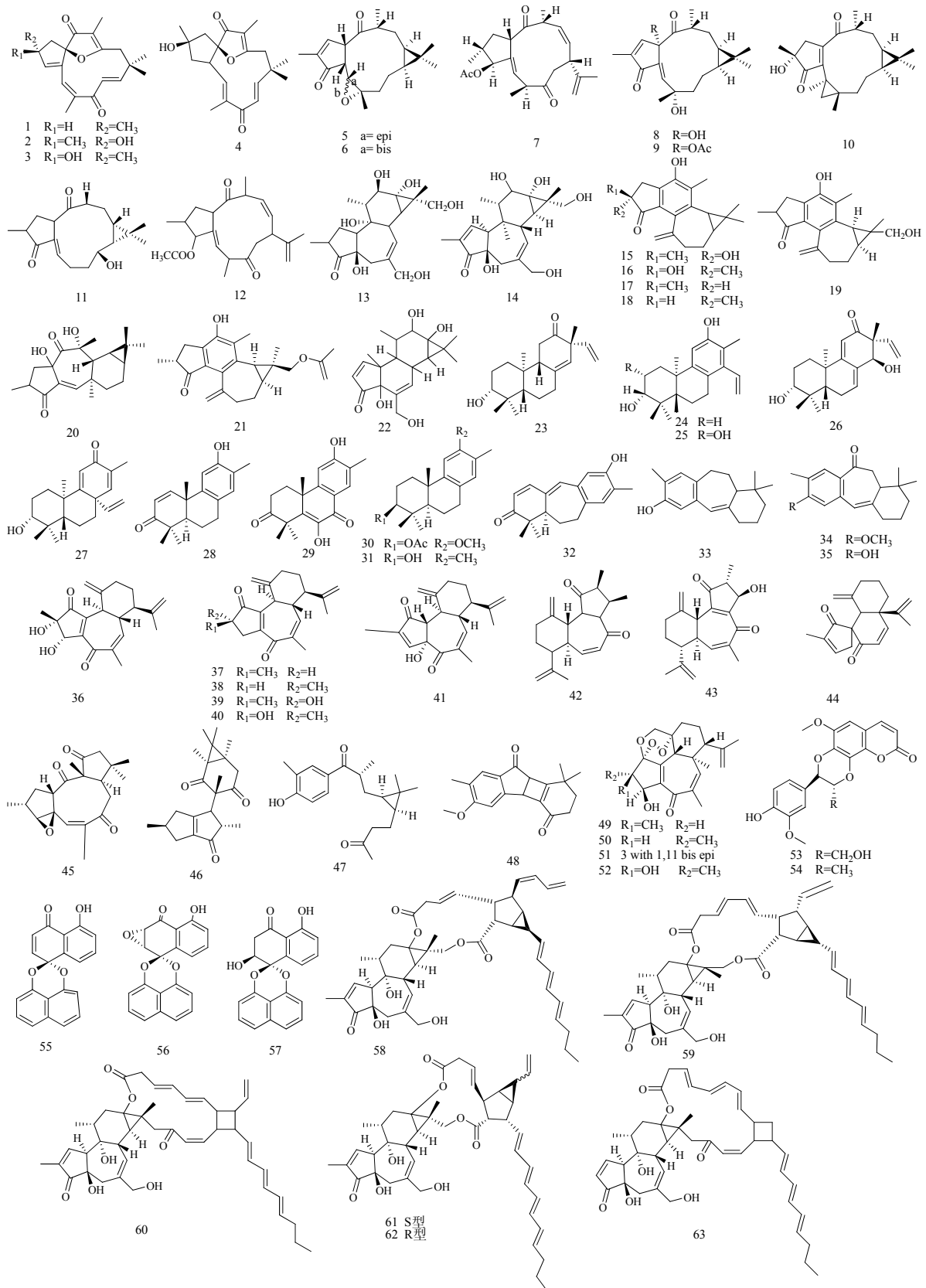


图1 麻疯树属植物中二萜类化合物的结构

Fig. 1 Structures of diterpenoid compounds in plants of *Jatropha* L.

1.1.3 三萜类 麻疯树属中的三萜类成分(64~78)见表 2, 其结构式见图 2。

1.2 黄酮类

麻疯树属中的黄酮类化合物(77~97)主要是以黄酮为母核的一类物质(77~96), 此外还有二聚

黄酮类(97), 其结构式见图 3, 见表 3。

1.3 木脂素类

从麻疯树属中分离得到的木脂素类主要有二苄基丁烷类、二苄基丁内酯类、芳基萘类以及骈双四氢呋喃类。棉叶珊瑚花中分离得到的二苄基丁烷类

表 2 麻疯树属中的三萜类化合物

Table 2 Triterpenoid compounds in plants of *Jatropha* L.

编号	化合物名称	来源	文献	编号	化合物名称	来源	文献
64	蒲公英萜醇	a	13	72	trihydroxy ketone	d	28
65	蒲公英甾醇	a	13	73	diosphenol	d	28
66	伪蒲公英甾醇	a	13	74	3β-hexanoyllupeol	e	29
67	acetylaleuritic acid	b	26	75	epilupeol acetate	f	29
68	3-acetylaleuritic	b	26	76	β-香树素	a	10
69	methyl acetyloleanolate	b	26	77	齐墩果酸	a	30
70	germanicol acetate β-amyrin	c	27	78	3-O-(Z)-香豆酰齐墩果酸	a	10
71	cinnamate	c	27				

a-麻疯树 *J. curcas* L.; b-大根假白榄 *J. macrorhiza* Benth.; c-*Cnidiosculus urens* (L.) Arthur; d-棉叶麻疯树 *J. gossypifolia* Linn.; e-*J. vitifolius* (Miller) Pohl; f-*J. acotinifolia* Mill.

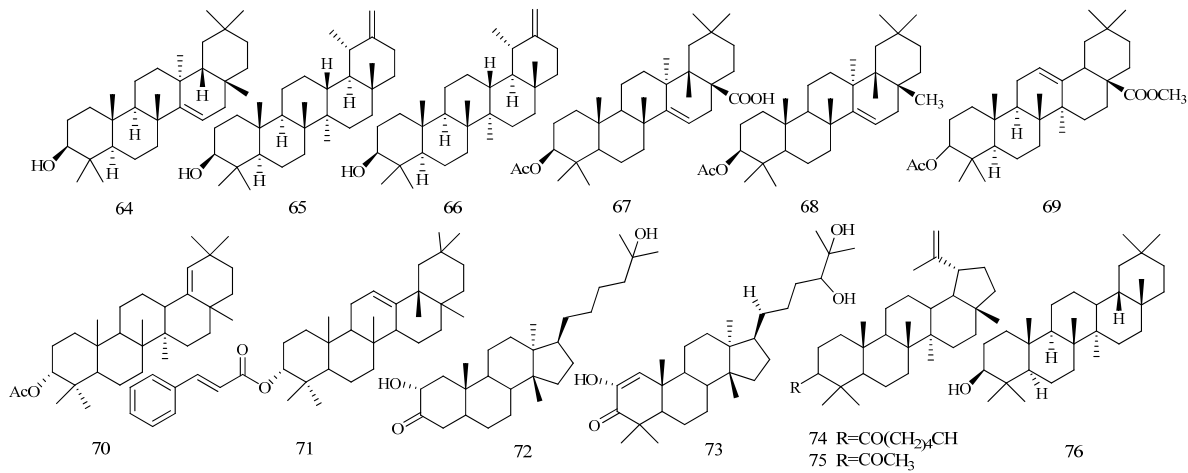


图 2 麻疯树属植物三萜类化合物的结构

Fig. 2 Structures of triterpenoid compounds in plants of *Jatropha* L.

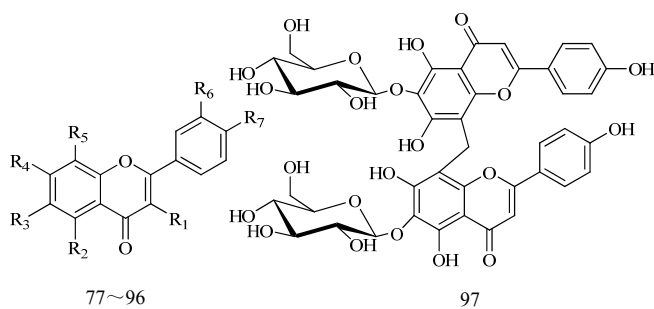


图 3 麻疯树属植物中黄酮类化合物的结构

Fig. 3 Structures of flavonoid compounds in *Jatropha* L.

有 prasantaline^[38]、jatrodie^[39]、gossypiline^[40], 二苄基丁内酯类有 gadain、jatrophane^[41]、gossypifan^[42], 芳基萘类有 aryl-naphthalene^[40]; 麻疯树种子中分离得到的骈双四氢呋喃类有麻疯果素 A、(±)3,3'-双去甲基松脂醇、异巴西油大戟素和 7-表-芝麻素-二儿茶酚^[43]。

1.4 香豆素类

Parthasarathy 等^[44]从油芦子 *J. glandulifera* Roxb.的根中分离得到了白蜡树内酯。陈梦菁等^[14]从麻疯树根中分离得到了 5-羟基-6,7-二甲氧基香豆素和麻疯素。孔令义等^[33]从麻疯树根中分离得到了

表3 麻疯树属中的黄酮类化合物

Table 3 Flavonoid compounds in plants of *Jatropha* L.

编号	化合物名称	来源	取代基	文献
77	芹素	a	R ₂ =R ₄ =R ₇ =OH R ₁ =R ₃ =R ₅ =R ₆ =H	31
78	牡荆素	a、b	R ₂ =R ₄ =R ₇ =OH R ₁ =R ₃ =R ₆ =H R ₅ =-C-β-D-glu	31
79	异牡荆素	a、b	R ₂ =R ₄ =R ₇ =OH R ₁ =R ₅ =R ₆ =H R ₃ =-C-β-D-glu	31
80	牡荆素鼠李糖苷	a	R ₂ =R ₄ =R ₇ =OH R ₁ =R ₃ =R ₆ =H R ₃ =-C-β-D-glu-(2→1)-α-L-rham	30
81	7-O-β-D-新橙皮苷芹素	a	R ₁ =R ₃ =R ₅ =R ₆ =H R ₂ =R ₇ =OH R ₄ =-O-β-D-neohesperidoside	32
82	7-O-β-D-半乳糖苷芹素	a	R ₁ =R ₃ =R ₅ =R ₆ =H R ₂ =R ₇ =OH R ₄ =-O-β-D-gala	32
83	东方蓼黄素	a	R ₂ =R ₄ =R ₆ =R ₇ =OH R ₁ =R ₃ =H R ₅ =-C-β-D-glu	32
84	vicenin II	a	R ₂ =R ₄ =R ₇ =OH R ₁ =R ₆ =H R ₃ =R ₅ =-C-β-D-glu	32
85	川皮苷	a	R ₂ =R ₃ =R ₄ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =OCH ₃ R ₁ =H	33
86	3'-甲氧基黄酮	a	R ₁ =R ₂ =R ₃ =R ₄ =R ₅ =R ₇ =H R ₆ =OCH ₃	34
87	5,4'-二羟基-3,7,3'-三甲氧基黄酮	a	R ₂ =R ₇ =OH R ₃ =R ₅ =H R ₁ =R ₄ =R ₆ =OCH ₃	35
88	5,3',4'-三羟基-3,7-二甲氧基黄酮	a	R ₃ =R ₅ =H R ₁ =R ₄ =OCH ₃ R ₂ =R ₆ =R ₇ =OH	35
89	山柰酚	c	R ₁ =R ₂ =R ₄ =R ₆ =OH R ₃ =R ₅ =R ₇ =H	36
90	山柰酚 3-O-α-L-吡喃鼠李糖苷	c	R ₂ =R ₄ =R ₆ =OH R ₃ =R ₅ =R ₇ =H R ₁ =-O-α-L-rham	36
91	山柰酚 3-O-α-L-吡喃阿拉伯糖苷	c	R ₂ =R ₄ =R ₆ =OH R ₃ =R ₅ =R ₇ =H R ₁ =-O-α-L-arab	36
92	山柰酚 3-O-α-L-吡喃葡萄糖苷	c	R ₂ =R ₄ =R ₆ =OH R ₃ =R ₅ =R ₇ =H R ₁ =-O-β-D-glu	36
93	山柰酚 3-O-α-L-吡喃半乳糖苷	c	R ₂ =R ₄ =R ₆ =OH R ₃ =R ₅ =R ₇ =H R ₁ =-O-β-D-gala	36
94	5,4'-二羟基-6,7-葡萄糖黄苷	a	R ₁ =R ₅ =R ₆ =H R ₂ =R ₇ =OH R ₃ =R ₄ =-C-glu	37
95	5-羟基-3,7,4'-鼠李糖黄酮苷	a	R ₃ =R ₅ =R ₆ =H R ₂ =OH R ₁ =-C-rham R ₄ =R ₇ =-O-rham	37
96	apigenin 7-O-β-D-galactoside	a	R ₁ =R ₃ =R ₅ =R ₆ =H R ₂ =R ₇ =OH R ₄ =-O-β-D-glu	32
97	6,6"-di-C-β-D-glucopyranoside-methylene-(8,8")-biapigenin	a		32

a: 麻疯树 *J. curcas* L.; b: *J. Heynii*; c: *J. variegata* (Forsk.) Vahl

7-羟基-6-甲氧基-香豆素。

1.5 生物碱类

Wiedhopf 等^[45]从 *J. macrorrhiza* Benth. 中分离得到了 jatropham。Ojewole 等^[46]、Yao 等^[47]分别从麻疯树中分离得到了四甲基吡嗪、反式-N-(3-乙酰氨基)-肉桂酰胺。

1.6 甾醇类

夏咸松等^[34]从麻疯树种仁中分离得到了豆甾醇、β-谷甾醇。孔令义等^[33]从麻疯树根中分离得到了 5α-豆甾烷-3,6-二酮。

1.7 脂肪酸类

麻疯树中含有的挥发油约占其含量的 65%，其中发现存在有大量的脂肪酸类，主要有亚油酸、亚麻酸、棕榈酸等。

1.8 蛋白质多肽类及其他类

近年来发现麻疯树属中也存在多肽，如麻疯树毒蛋白^[48]、cyclogossine A^[49]和 arabinoq alactan

protein JC^[50]等。此外还有 2,3,7-三甲氧基-8-O-β-D-葡萄糖苷鞣花酸、3,5-二羟基-对甲氧基苯甲酸以及 3-羟基-4-甲氧基苯甲醛^[51]等。

2 药理活性

2.1 抗肿瘤活性

Wiedhopf 等^[45]发现在麻疯树中的内酰胺 5-羟基-4-甲基-3-吡咯啉-2-酮在慢性淋巴细胞白血病系统 P388 细胞中有抑制肿瘤的作用。Taylor 等^[7]报道了麻疯树三酮和麻疯树酮及一些衍生物均具有显著的抗肿瘤活性。麻疯树酮、2α-羟基麻疯树酮、2β-羟基麻疯树酮对在淋巴细胞性白血病系统中的 P388 细胞与 KB 癌细胞株具有细胞毒活性。陈梦菁等^[14]发现麻疯树根氯仿提取物中的麻疯酚酮对胃黏膜细胞 803 的抑制率达 79.5%。Lin 等^[52]发现麻疯树核糖体失活蛋白具有抑制肿瘤的活性。该失活蛋白对蛋白质合成中网状组织细胞酶抑制作用的 IC₅₀ 值为 0.19 nmol/L，对 SGC-7901、Sp2/0 以及人

类肝癌细胞抑制作用的 IC₅₀ 值分别为 0.23、0.66、3.16 mg/L。Giuseppina 等^[16]从麻疯树中分离得到了二萜类化合物, 其中大多数对小鼠的淋巴瘤细胞系 L5178Y 有一定的活性。

2.2 抗 HIV 活性

Matsuse 等^[53]在对巴拿马医药植物的抗 HIV 活性进行研究时发现, 麻疯树枝叶的水提取物中分离得到的 5,7-二甲氧基香豆素和 6,7-二甲氧基香豆素对 HIV-1 病毒引起的细胞病变有中等程度的抑制作用。

2.3 抑菌活性

麻疯树种子油中主要为不饱和脂肪酸、烯、醛、醇和少量的酯。抑菌试验表明麻疯树果种子油成分对大肠杆菌 *Escherichia coli* 等 6 株陆地致病菌均有不同程度的抑制作用^[54]。另外, Yao 等^[47]研究发现反式-N-(3-乙酰氨基)-肉桂酰胺对金黄色葡萄球菌 *Staphylococcus aureus* Rosenbach、大肠杆菌、枯草芽孢杆菌 *Bacillus subtilis* Cohn 都有一定的抑制活性, 且它们的 IC₅₀ 分别 0.25、0.5、0.125 mg/mL。李育川等^[55]发现麻疯树果壳乙醇提取物的石油醚层(酚酸类化合物, 如 3-乙烷基过氧化氢酸等)对白菜黑斑病菌 *Alternaria brassicae* Sacc. 和小麦赤霉病菌 *Fusarium graminearum* Schw. 菌丝 72 h 生长抑制率均大于 70%, 与广谱杀菌剂多菌灵无显著差异。

2.4 杀虫活性

还有研究表明麻疯树种子提取物对同翅目、鳞翅目和鞘翅目害虫桃蚜、菜青虫和米象具有一定的杀虫活性^[56]。李静等^[17]发现饲喂麻疯树萜醇 I 的家蚕体质量增长明显被抑制, 其毒性主要表现为胃毒性。李育川等^[57]研究发现麻疯树枝叶石油醚萃取物具有杀桃蚜、菜青虫的活性。韩鹏辉等^[58]发现麻疯树种子粗提物(生物碱)具有对小菜蛾幼虫拒食、产卵驱避的生物活性。

2.5 抗氧化活性

李玲等^[43]、Li 等^[59]对麻疯树种子中具有抗氧化活性的有效成分进行研究, 结果表明其正丁醇萃取层活性显著。其中 7-表-芝麻素-二儿茶酚和异巴西油大戟素具有较强活性, 而麻风果素 A 和(±)3,3'-双去甲基松脂醇具有中等强度活性。

2.6 其他

张小龙等^[60]研究了麻疯树不同部位的多种提取物对福寿螺的毒杀活性, 实验表明除麻疯树的根和叶的水溶性成分外, 其甲醇提取物、脂溶性成分、种子油、皂化种子油及麻疯树酚酮 A 和 curcusone D

在不同处理时间下对福寿螺均有毒杀活性。李育川等^[61]发现麻疯树果壳水提物经 95%乙醇沉淀后得到的不溶物对萝卜、苏丹草幼苗生长的抑制率均高于 80%, 该活性部位经分析鉴定后除皂苷 V 外, 基本为肽和蛋白。其可开发为植物源除草剂。

3 结语

麻疯树属植物在世界上分布广泛, 具有很多的药用价值。虽然近年来对其药用的研究较多, 但是对其中含有的单体活性成分的药理作用研究还不是很明确。肿瘤作为严重威胁人类健康的病因, 已经成为人类关注的热点话题。而萜类成分, 尤其是二萜类成分有抑制肿瘤生长的作用, 因此, 有望从该属植物中找到抑制肿瘤生长的萜类先导化合物, 这对研发抗肿瘤新药同样具有深远的意义。

参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编委会. 中国植物志 [M]. 北京: 科学出版社. 1996: 147.
- [2] 徐俊驹, 谭宁华. 麻疯树地上部分中倍半萜和环肽类成分 [J]. 中国新药杂志, 2013, 22(6): 713-718.
- [3] Yang Y F, Liu J Q, Li X Y, *et al.* New terpenoids from the roots of *Jatropha curcas* [J]. *Chin Sci Bull*, 2013, 58(10): 1115-1119.
- [4] Sutthivaiyakit S, Mongkolvisut W, Prabpai S, *et al.* Diterpenes, sesquiterpenes, and a sesquiterpene-coumarin conjugate from *Jatropha integerrima* [J]. *J Nat Prod*, 2009, 72(11), 2024-2027.
- [5] 王军. 海南麻疯树叶的化学成分研究 [D]. 海口: 海南大学, 2010.
- [6] Sutthivaiyakit S, Mongkolvisut W, Ponsitipiboon P, *et al.* A novel 8,9-seco-rhamnofolane and a new rhamnofolane endoperoxide from *Jatropha integerrima* roots [J]. *Tetrahedron Lett*, 2003, 44(18), 3637-3640.
- [7] Taylor M D, Smith III A B, Furst G T, *et al.* Plant anticancer agents. 28. New antileukemic jatrophone derivatives from *Jatropha gossypifolia*: structural and stereochemical assignment through nuclear magnetic resonance spectroscopy [J]. *J Am Chem Soc*, 1983, 105(10): 3177-3183.
- [8] Brum R L, Honda N K, Mazarin S M, *et al.* Jatrowedione, a lathyrane diterpene from *Jatropha weddelliana* [J]. *Phytochemistry*, 1998, 48(7): 1225-1227.
- [9] Ravindranth N, Venkataiah B, Ramesh C, *et al.* Jatrophene, a novel macrocyclic bioactive diterpene from *Jatropha gossypifolia* [J]. *Chem Pharm Bull*, 2003, 51(7): 870-871.

- [10] Ravindranath N, Ravinder R M, Ramesh C, *et al.* New lathyrine and podocarpane diterpenoids from *Jatropha curcas* [J]. *Chem Pharm Bull*, 2004, 52(5): 608-611.
- [11] 孔令义, 金东哲, 闵知大. 麻风树属植物中的二萜成分 [J]. *现代药物与临床*, 1993, 8(6): 243-245.
- [12] Haas W, Sterk H, Mittelbach M. Novel 12-deoxy-16-hydroxyphorbol diesters isolated from the seed oil of *Jatropha curcas* [J]. *J Nat Prod*, 2002, 65(10): 1434-1440.
- [13] 曹 华, 宋宝安, 杨 松, 等. 麻疯树皮的化学成分研究 [J]. *天然产物研究与开发*, 2007, 19(6): 982-985.
- [14] 陈梦菁, 候林林, 张国文. 麻疯树的二萜成分 [J]. *植物学报*, 1988, 30(3): 308-311.
- [15] Xu J J, Fan J T, Zeng G Z, *et al.* A new tetracyclic diterpene from *Jatropha curcas* [J]. *Helve Chim Acta*, 2011, 94(5): 842-846.
- [16] Giuseppina C, Ernesto F, Olapeju O, *et al.* Spirocurcasone, a diterpenoid with a novel carbon skeleton from *Jatropha curcas* [J]. *Org Lett*, 2011, 13(2): 316-319.
- [17] 李 静, 颜 钊, 何文兴, 等. 麻疯树萜醇 I 对家蚕的毒性及作用机理研究 [J]. *农药学报*, 2005, 7(1): 29-34.
- [18] Denton R W, Harding W W, Anderson C I, *et al.* New diterpenes from *Jatropha divaricata* [J]. *J Nat Prod*, 2001, 64(6): 829-831.
- [19] Endo Y, Ohta T, Nozoe S. Favelines, novel tricyclic benzocycloheptenes with cytotoxic activities from Brazilian plant, *Cnidocolus phyllacanthus* [J]. *Tetrahedron Lett*, 1991, 32(26): 3083-3086.
- [20] Dekker T G, Fourie T G, Mathee E, *et al.* Studies of south African medicinal plants. Part 4. Jaherin, a new daphnane diterpene with antimicrobial properties from *Jatropha zeyheri* [J]. *S Afr J Chem*, 1987, 40(1): 74-76.
- [21] Das B, Venkataiah B. A rare diterpene from *Jatropha gossypifolia* [J]. *Biochem Syst Ecol*, 1999, 27(7): 759-760.
- [22] Endo Y, Ohta T, Nozoe S. Neofavelanone, a novel tetracyclic cyclobutene derivative from the Brazilian plant, *Cnidocolus phyllacanthus* [J]. *Tetrahedron Lett*, 1992, 33(3): 353-356.
- [23] Das B, Kashinatham A, Venkataiah B, *et al.* Cleomiscosin A, a coumarino-lignoid from *Jatropha gossypifolia* [J]. *Biochem Syst Ecol*, 2003, 31(3): 1189-1191.
- [24] Das B, Venkataiah B. A minor coumarino-lignoid from *Jatropha gossypifolia* [J]. *Biochem Syst Ecol*, 2001, 29(2): 213-214.
- [25] Ravindranath N, Reddy M R, Mahender G, *et al.* Deoxypreussomerins from *Jatropha curcas*: are they also plant metabolites? [J]. *Phytochemistry*, 2004, 65(16): 2387-2390.
- [26] Torrance S J, Wiedhopf R M, Cole J R. Antitumor agents from *Jatropha macrorhiza* (Euphorbiaceae) III: acetylenitolic acid [J]. *J Pharm Sci*, 1977, 66(9): 1348-1349.
- [27] Bhattacharyya J, Barros C B. Triterpenoids of *Cnidocolus urens* [J]. *Phytochemistry*, 1986, 25(1): 274-276.
- [28] Tinto W F, John Lisa M D, Reynolds W F, *et al.* Triterpenoids of *Jatropha gossypifolia* [J]. *J Nat Prod*, 1992, 55(6): 807-809.
- [29] Carmelo R, Antonio M M. Components from the latex of *Jatropha acotinifolia* Mill. var. *palmata* (Wild) Muell. [J]. *Arg Rev Latinoam Quim*, 1979, 10(1): 35-36.
- [30] 宋邦琼. 麻疯树叶及臭牡丹根化学成分研究 [D]. 贵阳: 贵州大学, 2007.
- [31] Subraman S S, Nagarajan S, Sulochana N. Flavonoids of some euphorbiaceous plants [J]. *Phytochemistry*, 1971, 10(10): 2548-2549.
- [32] Abd-Alla H I, Moharram F A, Gaara A H, *et al.* Phytoconstituents of *Jatropha curcas* L. leaves and their immunomodulatory activity on humoral and cell-mediated immune response in chicks [J]. *Z Naturforsch*, 2009, 64(7/8): 495-501.
- [33] 孔令义, 闵知大, 史剑侠, 等. 麻疯树根的化学成分研究 [J]. *植物学报*, 1996, 38(2): 161-166.
- [34] 夏咸松, 严胜骄, 林 军. 小桐子油粕的化学成分研究 [J]. *云南民族大学学报: 自然科学版*, 2011, 20(2): 96-98.
- [35] 徐俊驹, 谭宁华. 麻疯树酚性成分研究 [J]. *中国中药杂志*, 2012, 37(20): 3074-3077.
- [36] Masaoud M, Ripperger H, Porzel A, *et al.* Flavonol glycosides from *Jatropha variegata* [J]. *J Prakt Chem*, 1995, 337(1): 43-45.
- [37] Khafagy S M, Mohamed Y A, Abdel Salam N A, *et al.* Phytochemical study of *Jatropha curcas* [J]. *Planta Med*, 1977, 31(3): 273-277.
- [38] Chatterjee A, Das B, Chakrabarti R. Prasanthaline: a new lignan from *Jatropha gossypifolia* Linn [J]. *Indian J Chem*, 1998, 27B(8): 740-741.
- [39] Das B, Rao S P, Srinivas K V N S, *et al.* Jatrodien, a lignan from stems of *Jatropha gossypifolia* [J]. *Phytochemistry*, 1996, 41(3): 985-987.
- [40] Das B, Banerji J. Arylnaphthalene lignan from *Jatropha gossypifolia* [J]. *Phytochemistry*, 1988, 27(11): 3684-3686.
- [41] Banerji J, Das B, Chatterjee A, *et al.* Gadain, a lignan from *Jatropha gossypifolia* [J]. *Phytochemistry*, 1984, 23(10): 2323-2327.
- [42] Das B, Das R. Gossypifan, a lignan from *Jatropha gossypifolia* [J]. *Phytochemistry*, 1995, 40(3): 931-932.
- [43] 李 玲, 李晓帆, 吴慧星, 等. 麻疯树种子中抗氧化活

- 性成分的研究 [J]. 中草药, 2010, 41(12): 1932-1936.
- [44] Parthasarathy M R, Saradhi K P. A coumarino-lignan from *Jatropha glandulifera* [J]. *Phytochemistry*, 1984, 23(4): 867-869
- [45] Wiedhopf R M, Trumbull E R, Cole J R. Antitumor agents from *Jatropha macrorhiza* (Euphorbiaceae) I: isoation and characterization of jatropham [J]. *J Pharm Sci*, 1973, 62(7): 1206-1207.
- [46] Ojewole John A O. Antibrnchoconstrictor and antiarrhythmic effects of chemical compounds from Nigerian medical plants [J]. *Fitoterapia*, 1983, 54(4): 153-161.
- [47] Yao L, Han C, Chen G, *et al.* A new asymmetric diamide from the seed cake of *Jatropha curcas* L. [J]. *Fitoterapia*, 2012, 83(8): 1318-1321.
- [48] 张博宇, 章宇宁, 汪爱国, 等. 双水相萃取法分离麻疯树毒蛋白的研究 [J]. 北京服装学院学报: 自然科学版, 2012, 32(2): 28-34.
- [49] Horston S F, van den Berg A J, Kettenes-van den Bosch J J, *et al.* Cyclogossine A: a novel cyclic heptapeptide isolated from the latex of *Jatropha gossypifolia* [J]. *Planta Med*, 1996, 62(1): 46-50.
- [50] Zippel J, Wells T, Hensel A, *et al.* Arabinogalactan protein from *Jatropha curcas* L. seeds as TGF β 1-mediated inductor of keratinocyte *in vitro* differentiation and stimulation of GM-CSF, HGF, KGF and in organotypic skin equivalents [J]. *Fitoterapia*, 2010, 81(7): 772-778.
- [51] 李维莉, 彭永芳, 马银海, 等. 云南麻烘罕的化学成分研究 [J]. 中草药, 2004, 35(4): 385-386.
- [52] Lin J, Yan F, Tang L, *et al.* Antitumor effects of curcin from seeds of *Jatropha curcas* [J]. *Acta Pharmacol Sin*, 2003, 24(3): 241-246.
- [53] Matsuse I T, Lim Y A, Hattori M, *et al.* A search for anti-viral properties in Panamanian medicinal plants. The effects on HIV and its essential enzyme [J]. *J Ethnopharmacol*, 1999, 64(1): 15-22.
- [54] 臧文霞, 韩长日, 陈光英, 等. 麻疯果种子油成分分析及其抑菌活性研究 [A]. 中国化学会第 9 届天然有机化学学术会议论文集 [C]. 海口: 中国化学会, 2012.
- [55] 李育川, 耿开友, 王海燕, 等. 麻疯树果壳石油醚相抑菌活性物质的分离和鉴定 [J]. 江苏农业科学, 2012, 41(1): 127-129.
- [56] 李 静, 吴芬宏, 陈延燕, 等. 麻疯树种子提取物对几种害虫的杀虫活性 [J]. 农药, 2006, 45(1): 57-65.
- [57] 李育川, 黄鹤平, 银立新, 等. 小桐子枝叶石油醚萃取相杀虫物质的分离和鉴定 [J]. 中国农业大学学报, 2013, 18(1): 153-158.
- [58] 韩朋辉, 朱朝华, 朱 麟. 麻疯树种子提取物(生物碱)对小菜蛾的生物活性研究 [J]. 广西热带农业, 2009(4): 9-10.
- [59] Li L, Wang X L, Li X F, *et al.* A new compound with anti-oxidative activity from seeds of *Jatropha curcas* [J]. *Chin Herb Med*, 2010, 2(4): 245-247.
- [60] 张小龙, 李 甫, 陈 斌, 等. 麻疯树不同提取物对福寿螺的毒杀活性 [J]. 安徽农业科学, 2012, 40(6): 3349-3350.
- [61] 李育川, 郭巧生, 申海进, 等. 小桐子果壳化感物质的初步分离和鉴定 [J]. 热带亚热带植物学报, 2013, 21(1): 73-77.