

DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2024.03.003

## 山蒟化学成分及杀虫活性研究进展

茆志晴, 黄梦妮, 周雨晨, 陈佳欢

扬州大学附属医院, 江苏扬州 225009

**摘要:** 山蒟(*Piper hancei* Maxim.)又名山萸,为胡椒科、胡椒属多年生常绿木质藤本植物,主要分布在我国长江中下游地区及华南各省。山蒟具有行气止痛、祛风消肿之功效,能治疗风湿性关节炎、腰膝无力、咳嗽气喘等。目前对山蒟的研究主要集中在种类鉴别分类、化合物分离和结构鉴定以及医学和农业中的应用。山蒟全草具有良好的杀虫活性,山蒟藤茎、叶提取物对多种昆虫幼虫及成虫具有毒杀作用。通过传统植物化学的提取、萃取及柱层析分离,从山蒟提取物可得到特征性脂肪连酰胺类化合物,这可能是山蒟发挥杀虫作用的物质基础。对近年来国内外山蒟提取物及其所分离的化合物杀虫活性进行总结概述,可为山蒟杀虫活性深入研究及植物源农药先导化合物的开发利用提供参考。

**关键词:** 山蒟; 化学成分; 杀虫活性;  
植物源农药

中图分类号: S476

文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号: 2097-1354(2024)03-0019-15

## Research Progress on Chemical Components and Insecticidal Activity of *Piper hancei* Maxim.

MAO Zhiqing, HUANG Mengni,  
ZHOU Yuchen, CHEN Jiahuan

Affiliated Hospital of Yangzhou University, Yangzhou Jiangsu 225009, China

**Abstract:** *Piper hancei* Maxim., also known as Shanlou, is a perennial evergreen woody vine of the Piperaceae family and is mainly distributed in the middle and lower reaches of the Yangtze River and South China. It has the effects of promoting qi and relieving pain, dispelling wind and reducing swelling, and can be used to treat rheumatoid arthritis, waist and knee weakness,

收稿日期: 2024-04-14

基金项目: 江苏省研究生科研与实践创新计划项目(SJ CX23\_2046).

作者简介: 茆志晴, 硕士研究生, 主要从事中药新药先导化合物开发方面的研究.

通信作者: 陈佳欢, 博士.

cough and asthma, etc. Current research on *Piper hancei* Maxim. mainly focuses on the identification and classification of species, the isolation and structural identification of compounds, and medical pesticides applications, etc. Recent studies on the activity of *Piper hancei* Maxim. showed that its whole plant had good insecticidal activity. The extracts from the stems and leaves of *Piper hancei* Maxim. have toxic effects on the larvae and adults of many insects. The characteristic fatty chain amine obtained from the extract of *Piper hancei* Maxim. by traditional phytochemical extraction and column chromatography separation may be the important substance for the insecticidal activity. In this paper, the insecticidal activities of the extracts from *Piper hancei* Maxim. and their isolated compounds were summarized. In order to provide reference for in-depth research on the insecticidal activity of *Piper hancei* Maxim. and the development and utilization of botanical pesticide lead compounds.

**Key words:** *Piper hancei* Maxim.; chemical composition; insecticidal activity; botanical pesticides

山蒟(*Piper hancei* Maxim.)为胡椒科、胡椒属植物,属于瑶药“七十二风”中的小肠风,主要分布在我国南方山地、溪涧边、密林或疏林中.山蒟的入药部位为茎叶或根,具有祛风除湿、活血消肿、行气止痛、化痰止咳之功效,主要用于治疗风湿痛、关节痛、气喘等<sup>[1]</sup>.除入药外,民间多于春夏两季采摘山蒟嫩叶,去杂洗净并用沸水浸烫后凉拌、炒食或泡茶.此外,山蒟能在较短时间内覆盖树木树干,是中国热带、亚热带地区少有的具有较高园林绿化价值的藤本植物<sup>[2]</sup>.本文综述了近年来国内外关于山蒟化学成分及杀虫活性的研究进展<sup>[3]</sup>,以期为山蒟杀虫活性物质基础挖掘、民族药物的系统研究及植物源农药开发利用提供参考.

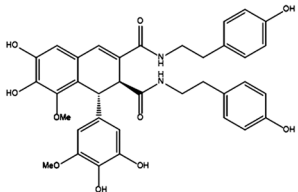
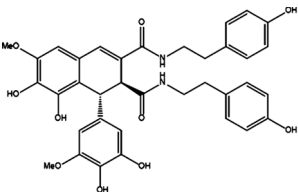
## 1 化学成分

山蒟中已报道的化学成分包括生物碱类、木脂素类、挥发油类和黄酮类等,其中生物碱类和木脂素类是山蒟的主要活性成分<sup>[4]</sup>.

### 1.1 生物碱类

胡椒属植物中包含吡啶类生物碱、哌啶类生物碱、酰胺类生物碱等,其中酰胺类生物碱是胡椒属植物的主要生物碱成分<sup>[5-7]</sup>.山蒟内含有的生物碱的种类众多,目前已发现近40种,结构复杂,该属生物碱主要是酰胺类生物碱.山蒟中生物碱成分具体信息见表1.

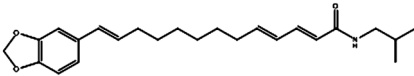
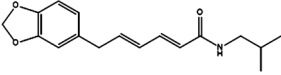
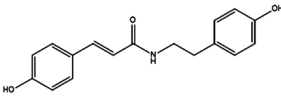
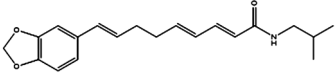
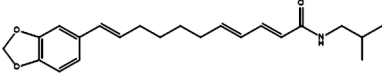
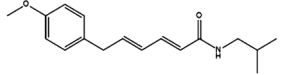
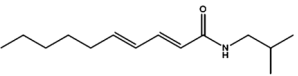
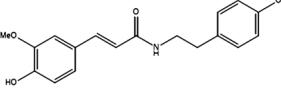
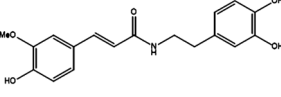
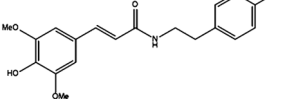
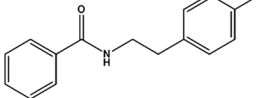
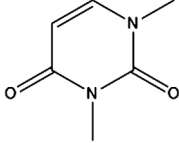
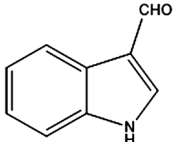
表1 山蒟中分离的生物碱成分

编号	化合物名称	结构	参考文献
1	Hanceiamide A		[7]
2	Hanceiamide B		[7]

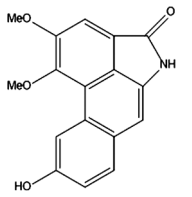
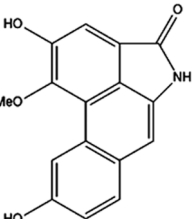
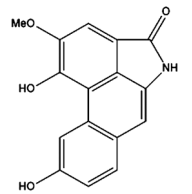
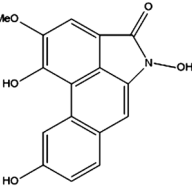
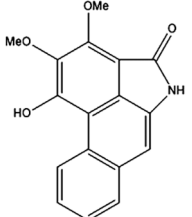
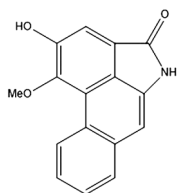
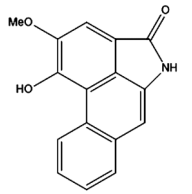
续表

编号	化合物名称	结构	参考文献
3	Hanceiamide C		[7]
4	Melongenamide A		[7]
5	Flavifloramide A		[7]
6	Flavifloramide B		[7]
7	Hanceiamide D		[7]
8	Grossamide		[7]
9	N-cis-feruloyltyramine		[7]
10	Piperlonguminine		[5]
11	Dihydropiperlonguminine		[7]
12	Tetrahydropiperlonguminine		[7]
13	Futoamide		[5]

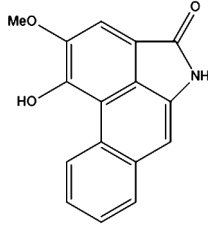
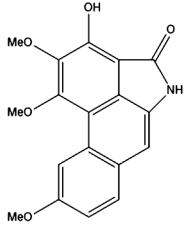
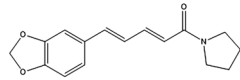
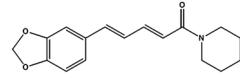
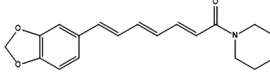
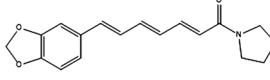
续表

编号	化合物名称	结构	参考文献
14	Guineensine		[7]
15	(2E, 4E)-N-isobutyl-7-(3, 4-methylenedioxyphenyl)-hepta-2, 4-dienamide		[6]
16	N-p-coumaroyltyramine		[6]
17	Retrofractamide A		[6]
18	Pipericide		[6]
19	Piperovatine		[6]
20	Pellitorine		[7]
21	N-trans-feruloyltyramine		[6]
22	N-trans-feruloyldopamine		[6]
23	N-trans-sinapoyltyramine		[6]
24	N-benzoyltyramine		[7]
25	1, 3-dimethylpyrimidine-2, 4(1H, 3H)-dione		[7]
26	1H-indole-3-carbaldehyde		[7]

续表

编号	化合物名称	结构	参考文献
27	Goniothalactam		[7]
28	Aristolactams A III a		[6]
29	Aristolactam G II		[7]
30	Piperumbellactam B		[7]
31	Piperolactam B		[7]
32	Nigrinodine		[5]
33	piperolactam A		[5]

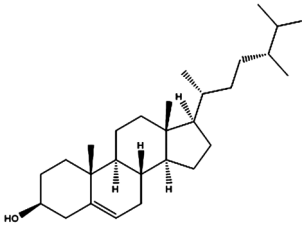
续表

编号	化合物名称	结构	参考文献
34	piperolactam D		[5]
35	Noraristolidione		[7]
36	Trichostachine		[6]
37	Piperine		[6]
38	Piperettine		[6]
39	Aristololactams A II a		[7]

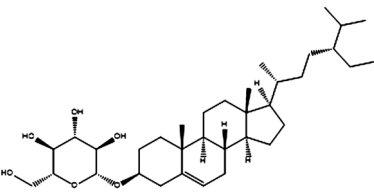
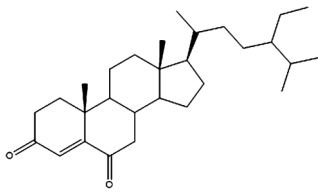
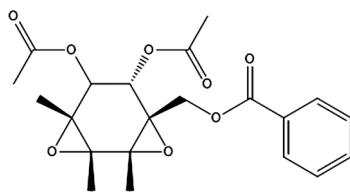
## 1.2 甾醇及其苷

到目前为止,已在山药内发现了4种甾体化合物,分别为 $\beta$ -谷甾醇<sup>[8]</sup>、胡萝卜苷<sup>[8]</sup>、豆甾-4-烯-3,6-二酮<sup>[8]</sup>和克罗培酮<sup>[9]</sup>,具体化学成分如表2所示。

表2 山药中分离的甾醇及其苷成分

编号	化合物名称	结构	参考文献
40	$\beta$ -sitosterol		[8]

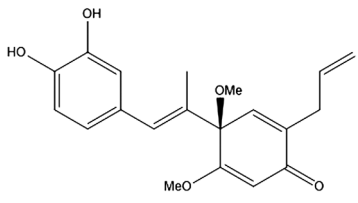
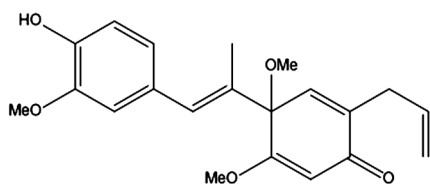
续表

编号	化合物名称	结构	参考文献
41	Daucosterol		[8]
42	Stigmost-4-ene-3, 6-dione		[8]
43	Crotopoxide		[9]

### 1.3 木脂素类

山茛内含有 17 种木脂素或新木脂素化合物<sup>[10-14]</sup>, 是山茛内主要成分之一, 具体化合物如表 3 所示.

表 3 山茛中分离的木脂素类成分

编号	化合物名称	结构	参考文献
44	Hancinone A		[7]
45	Hancinone B		[9]

续表

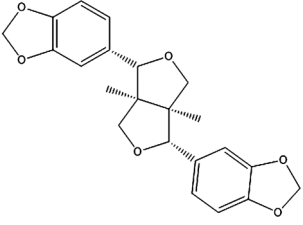
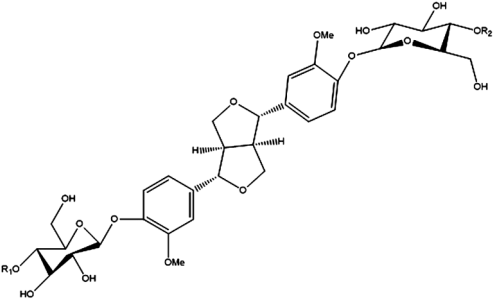
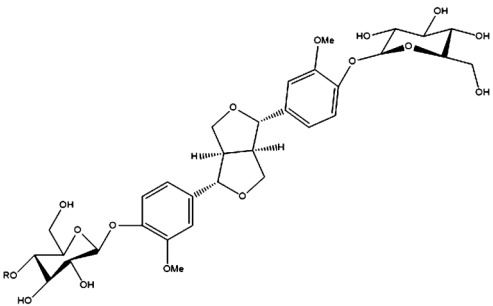
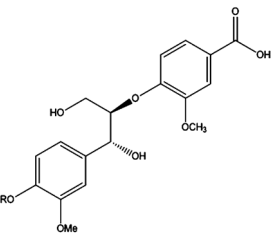
编号	化合物名称	结构	参考文献
46	Hancinone C		[9]
47	Kadsurenin F		[7]
48	Piperkadsin B		[7]
49	Futoenone		[7]
50	Hancinone D		[10]
51	(+) -isolarisiresinol		[7]



续表

编号	化合物名称	结构	参考文献
52	Kadsurenone		[11-13]
53	denudatin B		[11-13]
54	Hancinol		[9]
55	Burchelline		[9]
56	hancinone		[14]

续表

编号	化合物名称	结构	参考文献
57	$\delta$ -sesamin		[11]
58	Piperhancosides A ( $R_1 = R_2 = \beta$ -D-apiofuranosyl)		[7]
59	Piperhancosides B ( $R = \beta$ -D-apiofuranosyl)		[7]
60	piperhancosides C ( $R = \beta$ -D-glucopyranoside)		[7]

### 1.4 挥发油类

山药挥发油是水蒸气蒸馏过程中能够挥发的油状液体成分<sup>[15]</sup>,是山药最主要的化学组分之一,同时也是其产生香气的主要成分.蔡毅等<sup>[16]</sup>使用气相色谱-质谱法(GC-MS)对产于广西的4种胡椒科植物的挥发油进行了分析,Wu等<sup>[17]</sup>及苏玲等<sup>[18]</sup>使用相同方法分析了山药干燥茎叶中的主要成分,鉴定出山药内含有的挥发油类成分如表4所示.

表4 山药中分离的挥发油类成分

编号	化合物名称	编号	化合物名称
61	$\alpha$ -侧柏烯	91	2-亚甲基-4,8,8-三甲基-4-乙烯基-环[5.2.0]壬烷
62	环化小茴香烯	92	$\alpha$ -姜黄烯
63	$\beta$ -水茴香萜	93	姜烯
64	$\alpha$ -蒎烯	94	$\beta$ -蛇床烯
65	$\beta$ -蒎烯	95	2-异丙基-4a,8-二甲基-1,2,3,4,4a,5,6,8a-八氢萘
66	$\alpha$ -松油烯	96	panasinsen
67	对-伞形花素	97	喜巴辛
68	D-柠檬烯	98	匙叶桉油烯醇
69	18-桉叶素	99	石竹烯环氧化物
70	萜烯-3	100	表蓝桉醇
71	侧柏醇	101	愈创木醇
72	萜烯-4	102	葎草烯环氧化物
73	芳樟醇	103	6-蛇床烯-4-醇
74	4-松油醇	104	$\alpha$ -毕橙茄醇
75	2-十一烷酮	105	桉叶(油)醇
76	乙酸龙脑酯	106	甜没药醇
77	2-十一烷醇	107	蓝桉醇
78	乙酸桃金娘酯	108	胡萝卜次醇
79	$\alpha$ -榄香烯	109	6-异丙基-4,8a-二甲基-1-1,2,3,5,6,7,8,8a-八氢萘-2-氧基
80	$\beta$ -榄香烯	110	正十八烷醇
81	$\alpha$ -可巴烯	111	植物醇
82	humulenol	112	1,6,10,14,18,22-六甲基-2,6,10,15,19,23-六烯-二十四烷-3-醇
83	$\alpha$ -葎澄茄烯	113	胡萝卜烯
84	$\beta$ -葎澄茄烯	114	石竹烯
85	$\alpha$ -雪松烯	115	橙花醇 $\alpha$ -石竹烯
86	$\beta$ -雪松烯	116	香豆醇
87	$\alpha$ -香柑油烯	117	氧化石竹烯
88	反式- $\beta$ -金合欢烯	118	杜松醇
89	$\beta$ -倍半水芹烯	119	橙花醇
90	葎草烯	120	斯巴醇

### 1.5 其他成分

除上述成分外,山药中还含有较多的其他成分,如有机酸类、黄酮类、萜类等多种成分<sup>[19-20]</sup>.另外,前人已从山药中分离得到巴豆环氧素、 $\beta$ -谷甾醇、香草酸<sup>[21]</sup>、黎芦酸<sup>[22]</sup>和胡萝卜苷等化合物.有机酸类化合物如表5所示,黄酮类化合物如表6所示.

表5 山药中分离的有机酸成分

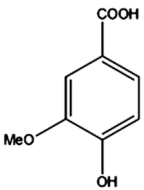
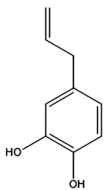
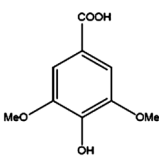
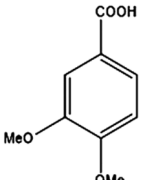
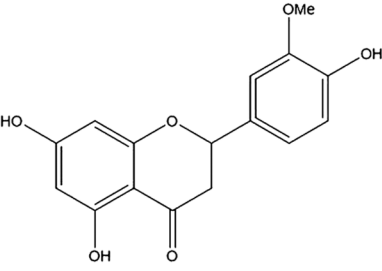
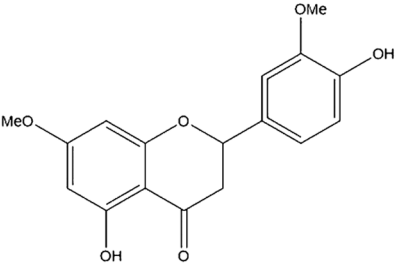
编号	化合物名称	结构	参考文献
121	Vanillic acid		[21]
122	hydroxychavicol		[11]
123	Syringic acid		[8]
124	Veratric acid		[22]

表6 山药中分离的黄酮类成分

编号	化合物名称	结构	文献
125	chrysoeriol		[20]
126	4, 5-dihydroxy-3, 7-dimethoxyflavone		[20]

## 2 山茆杀虫活性研究进展

基于对食品安全、环境生态更多的关注和考虑及对高效、低毒和低残留农药的需求,从山茆中寻找植物源杀虫成分具有重要意义<sup>[23]</sup>.目前针对山茆提取物及其特征性次级代谢产物的杀虫活性已开展了一系列研究.董存柱等<sup>[24]</sup>从山茆甲醇提取物入手,先后验证了其在家蝇、致倦库蚊、白纹伊蚊、椰心叶甲、斜纹夜蛾和香蕉花蓟马的毒杀作用;同时,为挖掘山茆杀虫的可能物质基础,采用植物化学的方法分离鉴定了一系列的脂肪连酰胺类化合物,并证实了其致倦库蚊、白纹伊蚊的毒杀作用,在此基础上成功配制了5%山茆微乳剂,为山茆提取物开发为绿色农药提供了环保剂型.

山茆甲醇提取物对家蝇、白纹伊蚊和致倦库蚊具有极强的杀虫活性<sup>[25]</sup>,同时对椰心叶甲成虫、幼虫及卵<sup>[26]</sup>,斜纹夜蛾卵、幼虫、成虫及香蕉花蓟马的幼虫<sup>[27]</sup>、成虫有较好活性.鉴于山茆杀虫活性较好,而且杀虫成分含量高,整株可作为植物源生物农药加以开发利用<sup>[28]</sup>.

董存柱等<sup>[29]</sup>首先发现从山茆甲醇提取物中分离得到的 chingchengenamide A(15)、N-异丁基-反-2-反-4-癸二烯酰胺(20)、假草拨酰胺 A(17)和草茆宁(10)生物碱类物质是山茆中的主要杀虫活性成分.在此之前,异丁基酰胺作为杀虫活性基团已有相关报道.董存柱等<sup>[29]</sup>所分离得到的4个异丁基酰胺类化合物对致倦库蚊和白纹伊蚊具有一定杀虫活性,且分子中均含有2E,4E-二烯结构单元,而另外2个化合物N-p-香豆酰酪胺和N-反式-阿魏酰酪胺对该虫均无活性,表明异丁基酰胺基团及2E,4E-二烯结构单元可能是杀虫活性必需基团,具体尚需进一步研究.此外,在化合物 chingchengenamide A、N-异丁基-反-2-反-4-癸二烯酰胺、假草拨酰胺 A 和草茆宁中,含有芳香环的3个化合物(chingchengenamide A、假草拨酰胺 A 和草茆宁)对致倦库蚊的活性明显高于含直链脂肪链的化合物(N-异丁基-反-2-反-4-癸二烯酰胺),芳香环对这类化合物的活性是否有增强作用,有待进一步验证.

关于山茆杀虫作用的应用方面,董存柱等<sup>[30]</sup>通过筛选溶剂、乳化剂、水质及确定相关用量,并进一步测定该配方的pH值及硬水、低温和高温稳定性,最终成功制备山茆微乳剂.微乳剂(micro-emulsion, ME)是农药制剂中的一种新剂型,是剂型开发的新方向之一.山茆微乳剂的研制,为这种绿色农药开发出了一种新型环保剂型,更为其今后的开发和利用奠定了坚实基础.

## 3 总结

山茆系胡椒科、胡椒属植物,已有研究证实,多种胡椒科植物具有良好的杀虫活性,这可能与胡椒属植物特有的酰胺类生物碱化合物有关,尤其是脂肪链酰胺中所含特有的异丁基酰胺和2E,4E-二烯结构单元是这类化合物发挥杀虫活性的必需基团<sup>[31]</sup>.基于这类化合物的极性及分子量的差异,通过利用多种色谱手段(硅胶、凝胶、Sephadex LH-20、ODS、MCI、HPLC)和现代波普技术(UV, IR, NMR, MS, CD)<sup>[32-33]</sup>,可实现对山茆甲醇或者乙醇提取物进行酰胺类化合物的分离纯化和结构鉴定.提取获得的酰胺类化合物可为植物源农药提供先导化合物,并进一步通过构效关系分析来指导先导化合物的结构修饰<sup>[34]</sup>.

山茆提取物及其酰胺类化合物对家蝇、致倦库蚊、白纹伊蚊、椰心叶甲、斜纹夜蛾及香蕉花蓟马等多种昆虫的幼虫及成虫都具有一定的杀虫活性,尤其是山茆提取物对于斜纹夜蛾卵、幼虫、成虫及香蕉花蓟马的若虫、成虫的毒杀作用甚至优于鱼藤酮,这对十字花科蔬菜、水生

蔬菜、甘薯、棉花、大豆、烟草等作物相关害虫的防治具有重要意义。

农药微乳剂是重要的农药剂型,具有稳定性好、药效好、使用安全及环境污染小等优点,将山蒟提取物制备成微乳剂更有利于山蒟在植物源农药中的应用<sup>[35]</sup>。5%山蒟微乳剂的成功制备为山蒟的应用提供了良好的载体,但也面临更多的挑战,比如5%山蒟微乳剂在稳定性测试中,提取物为混合物而非单一化学物,这提示我们是否可将山蒟源酰胺类化合物单体作为微乳剂型。但由于微乳剂粒径比乳油小几十至几百倍,更有利于药效发挥,降低了药物的使用量和使用成本,其与环境也能更好相容,通过山蒟微乳剂的制备可为绿色农药的开发利用做准备。

此外,山蒟对生长环境要求苛刻,喜阴,适合在酸性赤红壤中生长,主要分布于热带亚热带、地区光照适中或较弱的溪涧边、林下、树干或岩石上,目前主要靠人工采集,如果进行大规模的工业化生产首先需要解决山蒟的来源问题。因此,山蒟的人工栽培或山蒟替代品种的发掘为目前研究的新方向。同时,应进一步优化山蒟源酰胺类化合物的提取和纯化方法,植物中次级代谢产物丰富,如何高效快速制备出高纯度酰胺类化合物及剔除可能对环境、人畜造成潜在危害的成分也是一项挑战;另外,关于山蒟有效杀虫成分的作用机制仍值得深入研究,作用机制的明确将有利于山蒟源杀虫制剂的精准施用。

综上所述,我国植物资源品种丰富,可供开发为植物源杀虫剂的植物源生物碱类、挥发油类等有效成分结构多样。山蒟药食同源且性味温和,具备良好的杀虫活性,是一种非常优质的天然植物源杀虫剂来源。本文通过对山蒟化学成分及其杀虫活性进行总结,以为植物源农药开发利用提供参考。

#### 参考文献:

- [1] 简曙光,李玲,张倩媚,等.山蒟(*Piper hancei*)的生态生物学特征[J].生态环境学报,2009,18(2):608-613.
- [2] 董存柱,徐汉虹.山蒟(*Piper hancei* Maxim)杀虫活性初步研究[J].农药,2012,51(2):141-143,147.
- [3] 李书明,韩桂秋,B. H. ARISON,等.山蒟化学成分研究(II)[J].药学学报,1987,22(3):196-202.
- [4] 雷海鹏,陈显强,乔春峰,等.山蒟藤茎化学成分研究[J].中药材,2014,37(1):69-71.
- [5] TANG G H, CHEN D M, QIU B Y, et al. Cytotoxic Amide Alkaloids from *Piper boehmeriaefolium*[J]. Journal of Natural Products, 2011, 74(1): 45-49.
- [6] 汪前,张恩娟.胡椒属植物药理作用的研究概括[J].药学实践杂志,2006,24(3):139-141.
- [7] 杨凡.山蒟化学成分及生物活性研究[D].桂林:广西师范大学,2017.
- [8] ZHOU L. Studies on the Chemical Constituents and Bioactivities of Medicinal Plant *Souliea Vaginata* and *Piper hancei*[D]. Beijing: Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, 2004.
- [9] 李书明,韩桂秋,B. H. ARISON,等.山蒟化学成分研究(II)[J].药学学报,1987(3):196-202.
- [10] HAN G Q, WEI L H, LI C L, et al. The Isolation and Identification of PAF Inhibitors from *Piper wallichii* (Miq.) Hand-Mazz and *P. hancei* Maxim[J]. Acta Phar Sin, 1989, 24(6): 438-443.
- [11] LEIHP, CHENX Q, QIAOC F, et al. Chemical Constituents from Twigs of *Piper Hancei*[J]. Zhong Yao Cai, 2014, 37(1): 69-71.
- [12] SINGH P, SINGHI N, MONDALS C, et al. Platelet-Activating Factor (PAF)-Antagonists of Natural Origin [J]. Fitoterapia, 2013, 84: 180-201.
- [13] LI CL, MA J, WANG Y, et al. Preliminary Study on PAF-antagonists of Ethanol Extracts from *Piper hancei* [J]. Physiological Science Basic & Clinical Medicine, 1987(5): 316-317.
- [14] HANG Q, LIS M, LIC L, et al. Neolignans from *Piper hancei* Maxim[J]. Acta Pharmaceutica Sinica, 1986, 21(5): 361-365.

- [15] 赖小平, 刘心纯, 陈建南, 等. 山茛挥发油的化学成分[J]. 中药材, 1995, 18(10): 519-520.
- [16] 蔡毅, 董栋, 么春艳, 等. GC-MS 分析广西产 4 种栽培胡椒属植物叶中的挥发油成分[J]. 华西药学杂志, 2010, 25(6): 641-644.
- [17] WU SH H, SUN C R, PEIS F, et al. Preparative Isolation and Purification of Amides from the Fruits of *Piper longum* L. by Upright Counter-Current Chromatography and Reversed-Phase Liquid Chromatography[J]. Journal of Chromatography A, 2004, 1040(2): 193-204.
- [18] 苏玲, 谢凤凤, 唐玉荣, 等. 瑶药大肠风与小肠风挥发油成分气相色谱-质谱联用分析[J]. 中国医药导报, 2014, 11(36): 83-87.
- [19] LEI H P, ZHOU B, CHEN X Q. Research Progress in Chemical Components and Pharmacological Effectiveness of *Piper hancei* Maxim[J]. Research & Reviews: Journal of Chemistry, 2015(4): 24-30.
- [20] 周亮. 黄三七、山茛化学成分及生物活性的研究[D]. 北京: 中国协和医科大学, 2004.
- [21] ZENG Q, LIU C J. Study on the Chemical Constituents of the Ethyl Acetate Part of the Stem Bark of Yellow Hair Tofu[J]. Chinese Herb Medicine, 1990(21): 8-10.
- [22] HAN G Q. Study on PAF-antagonists from Chinese Herb Medicinal[J]. China Academic Journal, 1995(2): 35-40.
- [23] 王小艺. 中国植物源杀虫剂的研究与应用[J]. 世界农业, 2000(2): 30-32.
- [24] 董存柱, 徐汉虹. 山茛(*Piper hancei* Maxim)杀虫活性初步研究[J]. 农药, 2012, 51(2): 141-143, 147.
- [25] 王学贵, 吴翰翔, 沈洵淘, 等. 42 种植物甲醇提取物对白纹伊蚊的杀虫活性[J]. 华南农业大学学报, 2010, 31(3): 40-42.
- [26] 董存柱, 王禹, 徐汉虹, 等. 山茛对椰心叶甲的生物活性研究[J]. 热带作物学报, 2011, 32(12): 2316-2319.
- [27] 马浩伟, 董存柱, 赵灏. 山茛提取物对斜纹夜蛾和香蕉花蓟马的毒性研究[D]. 海口: 海南大学, 2016.
- [28] 张兴, 马志卿, 冯俊涛, 等. 植物源农药研究进展[J]. 中国生物防治学报, 2015, 31(5): 685-698.
- [29] 董存柱, 郭锦全, 周学明, 等. 山茛中脂肪链酰胺类化合物的分离及杀虫活性[J]. 农药学报, 2018, 20(5): 679-683.
- [30] 董存柱, 吴廷杰. 5%山茛微乳剂的配方研制[J]. 农药, 2013, 52(9): 656-659.
- [31] 辛颖, 史燕妮, 朱宏涛, 等. 胡椒酰胺类生物碱的核磁共振谱学特征[J]. 天然产物研究与开发, 2016, 28(8): 1181-1191, 1180.
- [32] PARMAR V S, SINHA R, SHAKIL N A, et al. An Insecticidal Amide from *Piper Falconeri*[J]. Indian Journal of Chemistry 1993, 32(3): 392-393.
- [33] KUBO I, MATSUMOTO T, KLOCKE J A, et al. Molluscicidal and Insecticidal Activities of Isobutylamides Isolated from *Fagara Macrophylla*[J]. Experientia, 1984, 40(4): 340-341.
- [34] 邱明华. 植物源农药的研究开发现状和产业化发展[J]. 世界农药, 2002(6): 22-24.
- [35] 杨帆, 隋新, 谢洋, 等. 新型绿色农药微乳剂的研究进展[J]. 黑龙江科学, 2015, 6(1): 10-11.