

黑蚂蚁的化学成分、药理作用及临床应用研究进展^Δ

杨志欣^{1*}, 刘慧¹, 许贵军², 汲丽丽¹, 卞士嘉¹, 吕邵娃^{1#}(1.黑龙江中医药大学药学院, 哈尔滨 150040; 2.黑龙江中医药大学附属第二医院制剂室, 哈尔滨 150001)

中图分类号 R285.5; R285.6 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2020)09-1148-05
DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2020.09.23

摘要 目的: 归纳黑蚂蚁的化学成分、药理作用及临床应用的研究进展, 为其后续开发及应用提供参考。方法: 以“黑蚂蚁”“化学成分”“药理作用”“临床应用”“*Polyrhachis dives Smith*”“Chemical component”“Pharmacological actions”“Clinical applications”等为关键词, 在中国知网、万方数据库、维普网、PubMed等数据库中组合查询1974年1月—2019年10月发表的相关文献, 对黑蚂蚁的化学成分、药理作用及临床应用进行归纳总结。结果与结论: 共检索到相关文献1 615篇, 其中有效文献58篇。黑蚂蚁的主要化学成分包括多巴胺类衍生物(如乙酰多巴胺、*N*-乙酰酪胺、2,5-二羟基噻唑等)、生物碱类成分(如2,4-二羟基嘧啶、金莲花碱、烟酰胺等)、有机酸类成分(如油酸、亚油酸、亚麻酸等)、氨基酸类成分(如谷氨酸、丙氨酸、甘氨酸等)、微量元素成分(如砷、硅、锌等)及维生素类成分(如维生素A、B₁、B₂等); 其具有增强人体免疫功能、抗炎镇痛、抗衰老、调节血糖等药理作用; 在临床上主要用于治疗类风湿性关节炎、乙型肝炎、糖尿病、复发性葡萄膜炎等。目前, 黑蚂蚁药理活性的物质基础尚未明确, 且其具体的作用机制还有待研究; 其次, 目前应用于临床的黑蚂蚁相关制剂较少, 尚需开发创新多种用药形式。
关键词 黑蚂蚁; 化学成分; 药理作用; 临床应用

蚂蚁(*Pheidole megacephala*)来源于膜翅目(*Hymenoptera*)蚁科(*Formicidae*), 目前人们已经探知的蚂蚁约有16 000多种, 是一个种类庞大的类群^[1]。目前, 用于临床使用的不到20种, 其中已定名且常用入药的有10种, 分别为横纹齿猛蚁、双齿多刺蚁、日本弓背蚁、林蚁、红尾猛蚁、巨头切叶蚁、黑山蚁、赤黄猱蚁、拟黑多刺蚁、双隆骨铺道蚁^[2]。其中, 拟黑多刺蚁(别名“鼎突多刺蚁”)即黑蚂蚁, 在1993年被我国卫生部确定为唯一的药食两用优良蚁种^[3]。黑蚂蚁是昆虫膜翅目蚁科昆虫双齿多刺蚁(*Polyrhachis dives Smith*)的干燥体, 主产于贵州、云南、广西等地^[4]。黑蚂蚁最早的本草记载见于《周礼·天官》, 曰:“虫氏醢以供天子馈食”, 但未提及药用^[5]。明代《本草纲目》载:“蚁, 释名玄驹, 亦曰蚂蚁……蚁力最大, 能举等身铁, 人食之能益气力”, 具有扶正固本、祛瘀通络、补肾壮阳之功效^[6]。现代临床主要将黑蚂蚁用于治疗风湿与类风湿性关节炎^[7-9]、乙型肝炎^[10-11]、糖尿病^[12-13]、复发性葡萄膜炎和肩周炎等疾病^[14-16], 具有很高的药用价值, 被誉为“微型动物营养宝库”和“天然药物加工厂”^[17]。为了更好地开发利用黑蚂蚁药材资源, 笔者以“黑蚂蚁”“化学成分”“药理作用”“临床应用”“*Polyrhachis dives Smith*”“Chemical component”“Pharmacological actions”“Clinical applications”等为关键词, 在中国知网、万方数据库、维普网、PubMed等数据库中组合查询

1974年1月—2019年10月发表的相关文献。结果, 共检索到相关文献1 615篇, 其中有效文献58篇。现对黑蚂蚁的化学成分、药理作用、临床应用等进行归纳总结, 以期黑蚂蚁药用资源的开发应用提供参考。

1 黑蚂蚁的化学成分

1.1 多巴胺类衍生物

多巴胺作为一类非肽类小分子化合物, 在动物药中研究较少。相关研究发现, 黑蚂蚁体内含有大量多巴胺类衍生物, 并且具有一定的生物活性^[18-26]。黑蚂蚁中主要的多巴胺类衍生物见表1。

表1 黑蚂蚁中主要的多巴胺类衍生物

编号	化合物名称	结构式	化学式	参考文献
1	(±)-Polyrhadopamine A		C ₁₁ H ₁₃ N ₂ O ₆	[18]
2	(±)-Polyrhadopamine B		C ₁₂ H ₁₅ N ₂ O ₇	[18]
3	Polyrhadopamine C		C ₁₁ H ₁₃ NO ₆ S	[18]
4	Polyrhadopamine D		C ₁₁ H ₁₃ N ₂ O ₅ S	[18]
5	Polyrhadopamine E		C ₁₂ H ₁₅ N ₂ O ₆ S	[18]
6	Polyrhadopamine F		C ₁₂ H ₁₅ N ₂ O ₇ S	[18]

Δ 基金项目: 黑龙江省自然科学基金资助项目(No.H2016057)

* 教授, 博士。研究方向: 药物新剂型与新药开发。电话: 0451-87266893。E-mail: zhixin.y@163.com

通信作者: 教授, 博士。研究方向: 新药开发。电话: 0451-87266916。E-mail: lswa5599@hotmail.com

续表 1

编号	化合物名称	结构式	化学式	参考文献
7	(±)-Polyrhadopamine G		C ₁₁ H ₁₇ N ₃ O ₄	[18]
8	Polyrhadopamine H		C ₁₀ H ₁₅ N ₃ O ₃	[18]
9	乙酰多巴胺		C ₁₀ H ₁₅ N ₃ O ₃	[19]
10	(±)-N-(2-(3,4-二羟基苯基)-2-羟乙基)乙酰胺		C ₁₀ H ₁₅ N ₃ O ₄	[20]
11	N-乙酰酪胺		C ₁₀ H ₁₅ N ₃ O ₂	[21]
12	N-[2-(3,4-二羟基苯基)乙基]乙酰胺		C ₉ H ₁₁ N ₃ O ₃	[18]
13	(±)-N-(2-(3,4-二羟基苯基)-2-甲氧基乙基)乙酰胺		C ₁₁ H ₁₇ N ₃ O ₄	[20]
14	Cyclo-(L-Pro-L-Phe)		C ₁₄ H ₁₆ N ₂ O ₂	[22]
15	2,5-二羟基吡啶		C ₅ H ₅ N ₃ O ₃	[23]
16	Cyclo-(L-Pro-L-Tyr)		C ₁₄ H ₁₆ N ₂ O ₂	[22]
17	反式-2-(3',4'-二羟基苯基)-3-乙酰氨基-6-(N-乙酰基-2'-氨基乙基)-1,4-苯并二噁烷		C ₂₀ H ₂₂ N ₂ O ₆	[24]
18	反式-2-(3',4'-二羟基苯基)-3-乙酰氨基-7-(N-乙酰基-2'-氨基乙基)-1,4-苯并二噁烷		C ₂₀ H ₂₂ N ₂ O ₆	[25]
19	反式-2-(3',4'-二羟基苯基)-3-乙酰氨基-7-(N-乙酰基-1'-羟基-2'-氨基乙基)-1,4-苯并二噁烷		C ₂₀ H ₂₂ N ₂ O ₇	[25]
20	反式-2-(3',4'-二羟基苯基)-3-乙酰氨基-6-(N-乙酰基-1'-羟基-2'-氨基乙基)-1,4-苯并二噁烷		C ₂₀ H ₂₂ N ₂ O ₇	[25]
21	反式-2-(3',4'-二羟基苯基)-3-乙酰氨基-6-(N-乙酰基-2'-氨基乙基)-1,4-苯并二噁烷		C ₂₀ H ₂₂ N ₂ O ₆	[26]
22	反式-2-(3',4'-二羟基苯基)-3-乙酰氨基-7-(N-乙酰基-2'-氨基乙基)-1,4-苯并二噁烷		C ₂₀ H ₂₂ N ₂ O ₆	[26]

1.2 生物碱类成分

黑蚂蚁中的生物碱类型包括吡啶类生物碱、吡啶类生物碱和酰胺类生物碱等^[27-32]。黑蚂蚁中主要的生物碱类成分见表2。

1.3 有机酸类成分

蚁油是黑蚂蚁的一类重要活性成分,蚁油中含大量脂肪酸。沈立荣等^[33]用超临界CO₂(SFE-CO₂)萃取蚁油,

表 2 黑蚂蚁中主要的生物碱类成分

编号	化合物名称	结构式	化学式	参考文献
1	2,4-二羟基吡啶		C ₅ H ₅ N ₃ O ₂	[27]
2	金莲花碱		C ₁₅ H ₁₅ N ₃ O	[28]
3	烟酰胺		C ₆ H ₆ N ₂ O	[29]
4	3-羟基吡啶		C ₅ H ₅ N ₃ O	[24]
5	1H-咪唑-3-羧酸		C ₄ H ₄ N ₂ O ₂	[30]
6	咪唑醛		C ₄ H ₅ N ₃ O	[20]
7	1,2,3,4-四氢喹啉		C ₈ H ₁₁ N	[18]
8	8-羟基-4-喹诺酮		C ₈ H ₇ N ₃ O ₂	[18]
9	谷氨酰胺甲酯		C ₆ H ₁₂ N ₂ O ₃	[31]
10	Harman		C ₁₂ H ₁₀ N	[31]
11	β-咪啉		C ₁₁ H ₈ N ₂	[18]
12	S-1-(1'-羟基乙基)-β-咪啉		C ₁₁ H ₁₂ N ₂ O	[32]

用GC-MS测定各种成分相对含量,结果显示蚁油中不饱和脂肪酸含量为64.58%。韦桂宁等^[34]用石油醚萃取黑蚂蚁乙醇提取物中的脂肪酸成分,结果显示主要以不饱和脂肪酸为主,含量最高的为反式十八碳烯酸甲酯(60.77%)、十六烷酸甲酯(18.99%)和十六碳烯酸甲酯(9.31%)。Siharnala O等^[35]研究发现,黑蚂蚁油中饱和脂肪酸占23%~24%,单不饱和脂肪酸占68.1%~77.0%,多不饱和脂肪酸占3.7%。由此可知,黑蚂蚁脂肪油主要以单不饱和脂肪酸为主,含量约大于70%。

1.4 氨基酸类成分

黑蚂蚁中蛋白质含量很高,约占其干质量的42%~67%,远大于猪肉、鸡、鸡蛋、鱼,与牛肝相差无几^[36]。黑蚂蚁中含有人体生命活动所必需的50多种营养物质,王婧等^[37]研究表明,黑蚂蚁蛋白质含量为54.51%,氨基酸总量为43.91%,必需氨基酸占氨基酸总量的32.49%,表明黑蚂蚁是一种优质蛋白源,其中谷氨酸含量最高,丙氨酸、甘氨酸次之。

1.5 微量元素成分

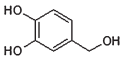

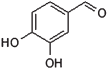
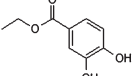
黑蚂蚁含有丰富的微量元素成分。容碧娴等^[38]采

用原子吸收光谱法测得黑蚂蚁中含有丰富的硒(Se)、硅(Si)、锌(Zn)、铁(Fe)、镍(Ni)、铬(Cr)、钴(Co)、钒(V)、碘(I)、钼(Mo)、铜(Cu)、锡(Sn)、锰(Mn)、氟(F)等14种人体所必需的微量元素,其中锌含量最高,每千克黑蚂蚁含锌量可达120~198 mg,可用于锌制剂的提取。

1.6 其他成分

相关研究发现,黑蚂蚁中含有大量的维生素A、B₁、B₂、B₁₂、C、E、D等维生素类成分^[39]。蚂蚁体内的维生素C及超氧化物歧化酶(SOD)都是自由基清除剂,不仅可以减轻自由基对机体的侵害,还可以减慢细胞衰老凋亡速度^[40]。唐建军^[19]用70%乙醇冷提取黑蚂蚁,采用硅胶柱和制备液相色谱等方法分离纯化,并通过质谱和核磁共振等谱学技术从黑蚂蚁中确定了4个酚酸类化合物,即4-(羟甲基)苯-1,2-二醇、邻甲酚、3,4-二羟基苯甲醛、原儿茶酸乙酯,见表3。

表3 黑蚂蚁中的主要酚酸类成分

编号	化合物名称	结构式	化学式	参考文献
1	4-(羟甲基)苯-1,2-二醇		C ₇ H ₈ O ₃	[18]
2	邻甲酚		C ₇ H ₈ O	[18]
3	3,4-二羟基苯甲醛		C ₇ H ₆ O ₃	[18]
4	原儿茶酸乙酯		C ₉ H ₁₀ O ₄	[18]

2 黑蚂蚁的药理作用

2.1 增强免疫

刘秀英等^[41]研究表明,黑蚂蚁粉能显著提高小鼠淋巴细胞转化能力、抗体生成细胞数及自然杀伤细胞活性,从而增强小鼠免疫功能。另外,黑蚂蚁乙醇提取液能显著提高小鼠巨噬细胞吞噬率、空斑形成细胞数、T淋巴细胞增殖率及白细胞介素2(IL-2)水平^[42],增强免疫功能低下肝癌模型小鼠的免疫功能^[43]。还有研究发现,黑蚂蚁对环磷酰胺造成的小鼠免疫功能损伤有明显的恢复和保护作用^[44]。此外,许邦仁等^[45]在探究黑蚂蚁对小鼠特异性免疫和非特异性免疫功能的影响时发现,黑蚂蚁能促进外周血中B淋巴细胞产生抗体,增强小鼠免疫功能。

2.2 抗炎镇痛

相关研究发现,复方黑蚂蚁胶囊(由黑蚂蚁、天麻、三七、穿山甲等药物组成)可明显抑制完全弗氏佐剂所致的大鼠原发性炎症和继发性炎症,减少醋酸所致小鼠扭体次数^[46]。复方蚂蚁酒可显著改善大鼠完全佐剂性关节炎的早期炎症,对继发病变和二甲苯所致的小鼠耳廓炎症均有明显抑制作用,对小鼠热板法致痛和醋酸致扭体反应也有明显抑制作用^[47]。

2.3 抗衰老

黑蚂蚁醇提物的石油醚部位可提高亚急性衰老模型小鼠血清中谷胱甘肽(GSH)含量、海马和脑皮层组织中的SOD活性^[48]。王忠等^[49]研究表明,注射黑蚂蚁水提液可升高小鼠外周淋巴细胞内DNA、RNA含量和母化细胞率,升高老龄小鼠血液和免疫器官中Mn、Se、Zn含量,从而发挥抗衰老的作用。

2.4 调节血糖

唐春萍等^[50]研究发现,黑蚂蚁对四氧嘧啶所致糖尿病模型小鼠有明显降血糖作用,且与剂量呈量效关系,但对正常小鼠的血糖无明显影响。薛长勇等^[51]研究发现,黑蚂蚁乙醇提取物能明显改善遗传性KKAy 2型糖尿病模型小鼠的糖耐量,且50%、95%乙醇提取物均能明显改善不同性别的NIH小鼠和昆明小鼠的糖耐量,提示其乙醇提取物可能是改善糖代谢的有效部位。

2.5 补肾壮阳

李文胜等^[52]研究发现,蚂蚁清风酒(含黑蚂蚁、淫羊藿、枸杞子等12味中药)能明显增加去势雄性小鼠的精液囊、前列腺和包皮腺质量,正常雄性小鼠的睾丸和附睾质量及精子数目,以及老年雄性小鼠的睾丸及胸腺质量。杜宝顺等^[53]研究发现,黑蚂蚁粉对大剂量皮质激素引起的阳虚模型小鼠和去势雄性大鼠有一定的补肾作用。

2.6 其他作用

韦桂宁等^[54]研究发现,黑蚂蚁醇提物对利血平诱导的抑郁模型大鼠具有显著的抗抑郁作用,作用机制与调节神经递质代谢及抗神经细胞氧化有关。另有研究发现,黑蚂蚁石油醚部位可以显著改善大鼠抑郁样行为,抑制核转录因子κB(NF-κB)通路蛋白表达,下调前额皮层炎症因子IL-1β和肿瘤坏死因子,抑制抑郁模型大鼠小胶质细胞及星形胶质细胞的激活以及吲哚胺2,3-双加氧酶基因的表达水平^[55]。袁盛榕等^[56]研究表明,蚂蚁醇浸膏和蚂蚁制剂(黑蚂蚁为君药,佐以生黄芪、黄精、丹参等中药制成的复方制剂)对四氯化碳所致大鼠肝损伤具有保护作用,并可降低丙氨酸氨基转移酶和门冬氨酸氨基转移酶活性、减轻肝细胞的脂肪变性和坏死、减缓肝纤维组织增生,促进慢性肝损伤白蛋白及血清总蛋白的合成。张庆华等^[57]研究发现,黑蚂蚁醇提物可明显延长小鼠负重游泳时间,降低其血乳酸曲线下面积,加快乳酸的清除,降低血清中尿素氮含量,表明其具有一定的抗运动性疲劳作用。

3 黑蚂蚁的临床应用

3.1 治疗类风湿性关节炎

研究发现,复方黑蚂蚁胶囊(主要成分为黑蚂蚁)对腰腿无力、性功能减退、失眠、坐骨神经痛、免疫功能低下者有明显作用,用复方黑蚂蚁胶囊治疗的类风湿关节炎患者300例中,显效290例、无效10例,总有效率为

97%,且长期服用该药未见胃肠道反应、肝肾功能损害及骨髓抑制现象^[7]。另有研究运用复方黑蚂蚁粉(主要成分为黑蚂蚁)治疗类风湿性关节炎患者77例,结果治愈22例、显效41例、有效13例、无效1例,总有效率为98.7%^[8]。符罗生等^[9]以黑蚂蚁为主药,配以祛风、活血、除湿及补气药物组方制成蚂蚁通痹灵,根据病情随证加减,治疗类风湿性关节炎35例,结果痊愈17例、显效12例、有效5例、无效1例,总有效率为97.1%。

3.2 治疗乙型肝炎

谢党恩^[10]以黑蚂蚁、黄芪及蜂巢脾提取物等组方制成的天蚁芪颗粒治疗不同类型(急性、慢性、肝硬化)的乙型肝炎患者,并设立对照组(以传统方法治疗)。结果显示,天蚁芪颗粒对不同类型的乙型肝炎均有明显的治疗作用,治疗急性乙肝、慢性乙肝、肝硬化患者的有效率分别为85.00%、81.80%、50.00%。吴志成等^[58]将480例乙型肝炎患者分为蚂蚁乙肝宁(由黑蚂蚁、黄芪、三七、鳖甲等组成)组和免疫制剂对照组,结果发现,蚂蚁乙肝宁组患者治疗后的5项乙型肝炎病毒血清标志物转化率均高于免疫制剂对照组($P<0.01$),且肝功能均得到改善。

3.3 治疗糖尿病

有研究以蚂蚁为君药,佐以人参、黄芪、生地等养阴补气、生津润燥的中药制成蚂蚁降糖散,用于治疗1型糖尿病、2型糖尿病患者均取得了很好的疗效^[11]。章青梅^[12]以蚂蚁为君药,配伍益气养阴、清热生津的中药(人参、黄芪、栀子、黄连、生地等)治疗40例2型糖尿病患者,结果总有效率为90%。

3.4 其他临床应用

廉大萌^[14]用黑蚂蚁治疗复发性葡萄膜炎,其中对照组48例患者单纯服用激素,治疗组50例患者在对照组基础上加服黑蚂蚁,结果发现,治疗组患者仅8例复发(16%),对照组患者均在5年内不同时期复发,复发率为100%。严斌^[13]用复方蚂蚁膏外敷治疗痛风性关节炎患者45例,结果显效35例、好转6例、无效4例,总有效率为91.11%。李汉俊^[16]采用自拟方剂蚂蚁风湿灵治疗肩周炎患者86例,结果痊愈66例、显效16例、好转3例、无效1例,总有效率为98.8%。

4 结语

黑蚂蚁化学成分丰富,主要成分为多巴胺类衍生物、生物碱类、有机酸类、氨基酸类等成分,其药理活性显著,具有增强免疫、抗炎镇痛、抗衰老等多种药理作用,在临床应用上也具有独特疗效,尤其在治疗类风湿性关节炎、乙型肝炎及糖尿病等方面疗效显著。但是黑蚂蚁药理活性的物质基础是哪一种成分,暂未见相关研究,且其具体的作用机制还有待深入研究;其次,目前应用于临床的黑蚂蚁相关制剂较少,尚需开发创新多种用药形式。

参考文献

- [1] 刘吉成,韦桂宁,卢文杰,等. GC法测定拟黑多刺蚁中棕榈酸和油酸的含量[J]. 药物分析杂志, 2016, 36(1): 86-90.
- [2] 蒋三俊,彭基玲. 10种药用蚂蚁原昆虫形态鉴别检索[J]. 中药材, 1996, 19(3): 129-130.
- [3] 陶浚,乔李娜,童晶晶,等. 蚂蚁黑色素的提取、纯化及抗氧化活性研究[J]. 天然产物研究与开发, 2012, 24(7): 873-876, 915.
- [4] 罗建蓉,刘珊,尚文宏,等. 傣药黑蚂蚁挥发油和脂溶性成分研究[J]. 中国民族民间医药, 2019, 28(1): 50-53, 67.
- [5] 李峰,周源. 蚂蚁:独特的治病和抗衰老作用[J]. 免疫学杂志, 2004, 20(3): 127-128, 132.
- [6] 李时珍. 本草纲目: 4册[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1981: 2283-2284.
- [7] 徐俊芳,张巨文,彭兴. 复方黑蚂蚁胶囊对类风湿性关节炎的药理实验及临床观察[J]. 现代中西医结合杂志, 2007, 16(3): 364-365.
- [8] 宋振国,林映青. 复方黑蚂蚁粉治疗类风湿性关节炎77例[J]. 四川中医, 2001, 19(4): 29.
- [9] 符罗生. 蚂蚁通痹灵治类风湿性关节炎35例疗效观察[J]. 江西中医药, 1998, 29(5): 36-37.
- [10] 谢党恩. 天蚁芪颗粒治疗乙型肝炎37例临床观察[J]. 新疆中医药, 2001, 19(3): 35-36.
- [11] 吴志成,吴斌. 鼎突多刺蚁治疗慢性病的展望[J]. 生物学通报, 1995, 30(5): 3-6.
- [12] 章青梅. 蚂蚁降糖方治疗40例2型糖尿病临床小结[J]. 湖南中医学院学报, 1998, 18(2): 40.
- [13] 刘元,韦焕英,何飞. 黑蚂蚁降糖胶囊治疗“消渴病”药效学研究[J]. 中国民族民间医药, 2011, 20(3): 35-36.
- [14] 廉大萌. 拟黑多刺蚁治疗复发性葡萄膜炎50例临床观察[J]. 黑龙江医学, 1999(2): 1.
- [15] 严斌. 复方蚂蚁膏外敷治疗痛风性关节炎45例[J]. 中医外治杂志, 2001, 10(1): 11.
- [16] 李汉俊. 自拟蚂蚁风湿消治疗肩周炎86例[J]. 安徽中医临床杂志, 1997, 9(2): 83.
- [17] 何颖,李经才. 蚂蚁制剂药理研究的新进展[J]. 时珍国医国药, 2003, 14(2): 113-115.
- [18] 唐建军. 拟黑多刺蚁与蟋蟀化学成分及药理活性研究[D]. 成都: 成都中医药大学, 2015.
- [19] NODA N, KUBOTA S, MIYATA Y et al. Optically active N-acetyldopamine dimer of the crude drug "Zentai," the cast-off shell of the Cicada, *Cryptotympana* sp. [J]. *Chem Pharm Bull*, 2000, 48(11): 1749-1752.
- [20] 晏永明,董小萍,李艳,等. 彝药日本琵琶甲虫的化学成分及其细胞毒活性[J]. 中草药, 2013, 44(3): 269-271.
- [21] YANG XQ, YANG YB, ZHOU H, et al. New megastigmane glycoside and alkaloids from *Streptomyces* sp. YIM 63342 [J]. *Nat Prod Res*, 2013, 27(13): 1191-1196.
- [22] KUMAR N, MOHANDAS C, NAMBISAN B, et al. Isolation of proline-based cyclic dipeptides from *Bacillus*, sp.

- N strain associated with rhabditid entomopathogenic nematode and its antimicrobial properties[J]. *World J Microbiol Biotechnol*, 2013, 29(2):355-364.
- [23] LU XW, WU Y. On the structure of aspongopusin recently isolated from *Aspongopus chinensis*[J]. *Fitoterapia*, 2013. DOI: 10.1016/j.fitote.2012.12.012.
- [24] LI RR, YUAN ST, LI ZH, et al. Studies on chemical constituents in *Flos Sophorae Carbonisatus*[J]. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi*, 2005, 30(16):1255-1257.
- [25] ANDERSEN SO, ROEPSTORFF P. Sclerotization of insect cuticle- II. Isolation and identification of phenolic dimmers from sclerotized insect cuticle[J]. *Insect Biochem*, 1981, 11(1):25-31.
- [26] XU MZ, LEE WS, HAN JM, et al. Antioxidant and anti-inflammatory activities of N-acetyldopamine dimers from *Periostracum Cicadae*[J]. *Bioorg Med Chem*, 2006, 14(23):7826-7834.
- [27] 吴玛莉, 金道超. 九香虫血淋巴及其纯化蛋白抑菌活性的研究[J]. *昆虫知识*, 2005, 42(3):315-318.
- [28] SHIRAKAWA E, UCHIYAMA N, HAYASHI T. Iron-catalyzed oxidative coupling of alkylamides with arenes through oxidation of alkylamides followed by Friedel-Crafts alkylation[J]. *J Org Chem*, 2011, 42(16):25-34.
- [29] SHI B, SHI J, JIANG H, et al. A novel furanoeremophilane with an unusual oxygen bridge from *Senecio nemorensis*[J]. *Fitoterapia*, 2013. DOI: 10.1016/j.fitote.2012.10.005.
- [30] BAOQUAN B, PING Z, YOONMI L, et al. Monoindole alkaloids from a marine sponge *spongosorites* sp.[J]. *Mar Drugs*, 2007, 5(2):31-39.
- [31] MISHAR JK, GARG P, DOHARE P, et al. Amino acid-based enantiomerically pure 3-substituted 1, 4-benzodiazepin-2-ones: a new class of anti-ischemic agents[J]. *Bioorg Med Chem Lett*, 2007, 17(5):1326-1331.
- [32] BLACKMAN AJ, MATTHEWS DJ, NARKOWICZ CK. β -Carboline alkaloids from the marine bryozoan *costaticella hastata*[J]. *J Nat Prod*, 1987, 50(3):494-496.
- [33] 沈立荣, 任玉翠. 我国食用和药用蚂蚁的开发利用进展[J]. *昆虫知识*, 1999, 36(4):251-253.
- [34] 韦桂宁, 苏启表, 何飞, 等. 拟黑多刺蚁乙醇提取物中降低小鼠血清尿酸水平活性部位的筛选与化学成分分析[J]. *中国药理学与毒理学杂志*, 2013, 27(4):673-677.
- [35] SIHARNALA O, BHULAIKOK S, SHEN LR, et al. Lipids and fatty acid composition of dried edible red and black ants[J]. *Agricultural Sciences in China*, 2010, 9(7):1072-1077.
- [36] 赵大成, 秦雪梅, 申国华, 等. 薄层扫描法测定蚂蚁药材及其风湿克酒中亮氨酸的含量[J]. *中国药房*, 2004, 15(2):47-48.
- [37] 王婧, 刘通讯. 拟黑多刺蚁的理化分析[J]. *现代食品科技*, 2010, 26(10):1092-1095, 1163.
- [38] 容碧娟, 甘绍虞, 陈建华, 等. 蚂蚁及其制剂的微量元素分析[J]. *中草药*, 1987, 18(7):47.
- [39] 刘德文, 孙启时, 李彤. 拟黑多刺蚁提取物对小鼠缓解体力疲劳作用的研究[J]. *中国食品卫生杂志*, 2004, 16(4):334-336.
- [40] 王华, 周文喜, 张玉芹, 等. 阿尔山拟黑多刺蚁的营养成分初探[J]. *内蒙古民族大学学报(自然科学版)*, 2016, 31(2):133-136.
- [41] 刘秀英, 胡怡秀, 臧雪冰, 等. 蚂蚁粉增强免疫功能的研究[J]. *湖南中医学院学报*, 2006, 26(1):23-24, 33.
- [42] 王立芳, 官杰, 杜凤霞. 黑蚂蚁对H22肝癌小鼠免疫功能的影响[J]. *中国基层医药*, 2004, 11(5):69-70.
- [43] 金四立, 李春波, 李岩, 等. 黑蚂蚁对小鼠免疫功能的调节作用[J]. *齐齐哈尔医学院学报*, 1996, 17(2):93-94.
- [44] 王雨, 刘佳, 阮海星, 等. 大黑蚂蚁对正常及免疫低下小鼠的免疫调节作用[J]. *贵阳医学院学报*, 2001, 26(1):10-11, 14.
- [45] 许邦仁, 安群英, 孟庆红, 等. 黑蚂蚁粉对小鼠免疫功能的影响[J]. *贵阳医学院学报*, 2009, 34(4):415-417.
- [46] 任远, 闫秀英, 张巨文, 等. 复方黑蚂蚁胶囊治疗风湿性关节炎的药效学研究[J]. *中成药*, 2001, 23(3):48-50.
- [47] 何行玲, 李文胜, 方跃华, 等. 复方蚂蚁酒的抗炎镇痛作用研究[J]. *时珍国医国药*, 2007, 18(7):1656-1657.
- [48] 苏启表, 何飞, 曾宪彪, 等. 黑蚂蚁醇提物石油醚部位对亚急性衰老小鼠血清和脑组织抗氧化作用的研究[J]. *中华中医药杂志*, 2014, 29(6):2020-2022.
- [49] 王忠, 南景一, 杨正娟, 等. 黑蚂蚁水提液恢复老龄小鼠免疫功能及抗衰老效应研究[J]. *老年学杂志*, 1987, 7(4):41.
- [50] 唐春萍, 徐伟, 谭载友, 等. 拟黑多刺蚁对实验动物血糖和血脂的影响[J]. *中草药*, 1998, 29(9):612-614.
- [51] 薛长勇, 郑子新, 张荣欣, 等. 拟黑多刺蚁乙醇提取物改善KKAY糖尿病小鼠糖代谢的活性效应[J]. *中国临床康复*, 2006, 10(43):105-107.
- [52] 李文胜, 方跃华, 王俊健, 等. 蚂蚁清风酒补肾壮阳作用实验研究[J]. *时珍国医国药*, 1999, 10(12):891-892.
- [53] 杜宝顺, 杨殿林, 王晓威. 蚂蚁药理学实验研究[J]. *山西临床医药*, 1997, 6(1):46-49.
- [54] 韦桂宁, 楚世峰, 苏华, 等. 拟黑多刺蚁醇提物抗抑郁作用研究[J]. *中国药理学通报*, 2015, 31(9):1280-1286.
- [55] 张欣, 龙倩, 楚世峰, 等. 拟黑多刺蚁石油醚部位对抑郁大鼠神经炎症反应的抑制作用[J]. *药学报*, 2018, 53(7):1042-1047.
- [56] 袁盛榕, 李郁英, 刘进学, 等. 蚁皇口服液治疗慢性乙型肝炎的药效学研究[J]. *中国医药学报*, 1995, 10(3):24-26, 64.
- [57] 张庆华, 吕晓华. 拟黑多刺蚁提取物可缓解小鼠体力疲劳[J]. *昆虫知识*, 2007, 44(2):263-266.
- [58] 吴志成, 郭文奇, 赵一, 等. 蚂蚁制剂治疗乙型肝炎临床疗效评论[J]. *江苏中医*, 1996, 17(9):43-45.

(收稿日期:2019-12-09 修回日期:2020-03-09)

(编辑:唐晓莲)