

本文引文格式:杜红江,唐静,江佳妮,等.辣根素对粉尘螨杀灭活性及作用机制研究[J].  
右江民族医学院学报,2023,45(1):46-50,72.

【论著与临床报道】

## 辣根素对粉尘螨杀灭活性及作用机制研究

杜红江<sup>1</sup>,唐静<sup>1</sup>,江佳妮<sup>2</sup>,吴伊可<sup>2</sup>,汪夏生<sup>2</sup>,俞德聪<sup>2</sup>,许昕洁<sup>2</sup>,孙铭钟<sup>3</sup>,吕业超<sup>1</sup>,孙恩涛<sup>2</sup>

1. 皖南医学院药学院,安徽 芜湖 241002;
2. 皖南医学院检验学院,安徽 芜湖 241002;
3. 皖南医学院研究生学院,安徽 芜湖 241002)

**摘要:**目的 研究辣根素对粉尘螨的杀灭活性及体内神经、解毒代谢酶系功能的影响。方法 采用熏蒸法和玻片浸渍法测试辣根素对粉尘螨的杀灭活性,以苯甲酸苄酯和邻苯二甲酸二丁酯作为阳性对照。采用生化方法对粉尘螨体内总蛋白浓度、乙酰胆碱酯酶、谷胱甘肽 S-转移酶、单胺氧化酶、Ca<sup>2+</sup>-ATP 酶活性进行测定。结果 辣根素对粉尘螨有良好的杀灭活性,当浸渍浓度达到 1.6 mL/L 时,72 h 校正死亡率可达 100%,且熏蒸效果明显优于浸渍,玻片浸渍杀螨效果明显优于阳性对照组( $P < 0.05$ )。辣根素处理后,螨体总蛋白浓度、Ca<sup>2+</sup>-ATP 酶、谷胱甘肽 S-转移酶活性先激活后抑制,而乙酰胆碱酯酶和单胺氧化酶活性受到一定程度的抑制。螨体一系列酶活性变化,会影响神经冲动的产生与传导和物质代谢的改变,导致螨虫死亡。结论 辣根素对粉尘螨具有良好的毒杀作用,可作为一种新型杀螨物质,具有一定的开发应用前景。

**关键词:**粉尘螨;辣根素;杀灭活性;酶活性

中图分类号:R384.4 文献标识码:A 文章编号:1001-5817(2023)01-0046-06

doi:10.3969/j.issn.1001-5817.2023.01.008

## Study on the germicidal activity and mechanism of horseradish on dermatophagoides farinae

Du Hongjiang<sup>1</sup>, Tang Jing<sup>1</sup>, Jiang Jiani<sup>2</sup>, Wu Yike<sup>2</sup>, Wang Xiasheng<sup>2</sup>,  
Yu Decong<sup>2</sup>, Xu Xinjie<sup>2</sup>, Sun Mingzhong<sup>3</sup>, Lyu Yechao<sup>1</sup>, Sun Entao<sup>2</sup>

1. School of Pharmacy, Wannan Medical College, Wuhu 241002, Anhui, China;
2. School of Laboratory Medicine, Wannan Medical College, Wuhu 241002, Anhui, China;
3. Graduate School, Wannan Medical College, Wuhu 241002, Anhui, China)

**Abstract:** **Objective** To study the germicidal activity of horseradish on dermatophagoides farinae and its effect on neurological function, and detoxifying enzymes *in vivo*. **Methods** The germicidal activity of horseradish on dermatophagoides farinae was tested by the methods of fumigation and slide-dip, with benzyl benzoate and dibutyl phthalate as positive controls. Biochemical methods were adopted to determine the total protein concentration, acetylcholinesterase, glutathione S-transferase, monoamine oxidase and Ca<sup>2+</sup>-ATPase activity in dermatophagoides farinae. **Results** Horseradish had good germicidal activity against dermatophagoides farinae. When the impregnation concentration reached 1.6 mL/L, the 72 h corrected mortality rate could reach 100%. The effect of fumigation was obviously better than that of impregnation, and the acaricidal effect of slide immersion was significantly better than that of the positive control group ( $P < 0.05$ ). After horseradish treatment, the total protein concentration, Ca<sup>2+</sup>-ATPase and glutathione S-transferase activity were activated first and then were inhibited, while the activity of acetylcholinesterase and monoamine oxidase was inhibited to

基金项目:国家自然科学基金项目(31870352);安徽省大学生创新创业教育训练计划项目(S202110368096)

第一作者简介:杜红江(2001-),男,在读本科,E-mail:2901438918@qq.com

通讯作者简介:孙恩涛(1980-),男,博士,教授,硕士研究生导师,研究发向:病原生物学,E-mail:asdentao@126.com

a certain extent. A series of changes in enzyme activity of mites affected the production and conduction of nerve impulses as well as the changes of substance metabolism, leading to the death of mites. **Conclusion** Horseradish has good toxicity to *dermatophagoides farinae*, and can be used as a new acaricidal substance, with a certain prospect of development and application.

**Key words:** *dermatophagoides farinae*; horseradish; germicidal activity; enzymatic activity

粉尘螨 (*dermatophagoides farinae*) 是引起过敏性疾病主要吸入性过敏原之一, 可引起螨性哮喘、异位性皮炎、慢性荨麻疹等疾病, 且环境中尘螨过敏原水平直接影响儿童尘螨过敏性哮喘症状, 以及尘螨过敏性哮喘患者正常肺功能和支气管反应<sup>[1-2]</sup>。此外, 尘螨过敏原的刺激, 不仅会使皮肤出现红斑、丘疹、瘙痒等症状, 还可引起鼻炎、结膜炎等相关疾病<sup>[3]</sup>。研究发现<sup>[4]</sup>, 降低环境中粉尘螨的数量, 可有效预防粉尘螨引起的相关疾病, 其方法有控制温度和湿度, 清洗打扫, 使用有效的杀螨剂来杀灭粉尘螨<sup>[5-6]</sup>。目前, 杀螨剂受到人们的广泛关注<sup>[7]</sup>。长期以来, 大量重复使用非专一性化学杀螨剂, 使许多螨类产生抗药性<sup>[8]</sup>, 甚至对杀螨剂产生了交叉抗性<sup>[9]</sup>, 部分杀螨剂如丁醚脲、螺虫乙酯等, 虽然能够达到一定的杀螨效果, 但毒性强、易残留、耗时长、副作用大, 不适宜长期在室内使用。因此, 寻找新型、高效、绿色、安全的杀螨剂已成为粉尘螨防制工作的重要内容。研究发现<sup>[10]</sup>, 植物精油对害虫有引诱、拒食、驱避、熏蒸、触杀及抑制生长发育等作用方式。辣根素是从辣根等十字花科植物中提取出来的一类次生代谢产物、精油, 主要成分为异硫氰酸酯类化合物 (isothiocyanates, ITCs), 其中含量较高的为烯丙基异硫氰酸酯 (allyl isothiocyanate, AITC), 研究表明, 辣根素对害虫的熏蒸、趋避、引诱活性存在剂量-时间关系, 大部分辣根素化合物在  $0.1 \mu\text{g}/\text{mL}$  以上即对害虫表现出很强的熏蒸活性<sup>[11-13]</sup>, 但辣根素对粉尘螨的作用效果及作用机制少见报道。本研究通过熏蒸/触杀实验, 揭示辣根素对粉尘螨良好的杀灭活性, 并通过相关酶学研究, 阐明辣根素杀灭粉尘螨可能机制, 为开发以辣根素为核心的新型、高效、绿色、安全的植物源杀螨剂提供理论依据。

## 1 材料与方法

1.1 材料和试剂 95% 辣根素购自安徽绿晶生物科技有限公司, 液体石蜡购自福晨 (天津) 化学试剂有限公司, 苯甲酸苄酯和邻苯二甲酸二丁酯购自国药集团化学试剂有限公司, 常温避光保存。考马斯亮蓝测试盒、乙酰胆碱酯酶活性测试盒、单胺氧化酶活性测试盒、谷胱甘肽 S-转移酶活性测试盒、 $\text{Ca}^{2+}$ -ATP 酶活性测试盒购自南京建成生物研究所。粉尘螨为实验室纯培养, 相对湿度  $(75 \pm 5)\%$ , 温度  $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ , 从中挑取大小一致、活泼的粉尘螨成螨用于实验。

## 1.2 实验方法

1.2.1 处理药液的制备 按体积份配比, 以液体石蜡为溶剂, 配制浓度为  $0.2 \text{ mL}/\text{L}$ 、 $0.3 \text{ mL}/\text{L}$ 、 $0.4 \text{ mL}/\text{L}$ 、 $0.5 \text{ mL}/\text{L}$ 、 $0.6 \text{ mL}/\text{L}$  辣根素药液用于熏蒸实验; 制备得到浓度  $0.8 \text{ mL}/\text{L}$ 、 $1.0 \text{ mL}/\text{L}$ 、 $1.2 \text{ mL}/\text{L}$ 、 $1.4 \text{ mL}/\text{L}$ 、 $1.6 \text{ mL}/\text{L}$  辣根素药液用于触杀实验。

1.2.2 辣根素对粉尘螨的熏蒸活性 参考 FAO<sup>[14]</sup> 的推荐方法, 将泡沫双面胶剪成  $2 \sim 3 \text{ cm}$  长, 贴在显微镜载玻片的中间, 解剖镜下剔除死亡和不活泼个体后每组取 30 只腹面朝上贴于泡沫胶上, 药液打入锥形瓶底部, 将载玻片斜插入带有封口膜密封的 200 mL 锥形瓶中置于恒温培养箱 [温度  $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ , 相对湿度  $\text{RH} = (75 \pm 5)\%$ ], 分别于 24 h、48 h、72 h 观察其死亡情况, 在解剖镜下观察, 用针戳螨体, 不动者为死, 每一浓度设置三组平行实验并重复 3 次。

1.2.3 辣根素对粉尘螨的触杀活性 在解剖镜下剔除死亡和不活泼个体后每组取 30 只腹面朝上贴于泡沫胶上, 将处理组置于不同浓度药液中浸泡 5 s 后取出, 用棉球轻轻吸去玻片及虫体上的浮药, 放入锥形瓶中分别于 24 h、48 h、72 h 在解剖镜下观察其死亡情况, 每一浓度设置三组平行实验并重复 3 次, 以液体石蜡为阴性对照, 以苯甲酸苄酯、邻苯二甲酸二丁酯为阳性对照。

1.2.4 总蛋白质含量测定 以  $1.6 \text{ mL}/\text{L}$  的辣根素溶液对粉尘螨进行熏蒸处理, 按试剂盒要求制备实验所需酶液,  $595 \text{ nm}$  处测得 OD 值, 每组重复 3 次, 计算总蛋白质浓度, 并以液体石蜡处理作为空白对照。

1.2.5 酶活性测定 以  $1.6 \text{ mL}/\text{L}$  辣根素溶液对粉尘螨进行熏蒸处理, 并分别使用乙酰胆碱酯酶活性测试盒、单胺氧化酶活性测试盒、谷胱甘肽 S-转移酶活性测试盒、 $\text{Ca}^{2+}$ -ATP 酶活性测试盒, 在规定波长下测试 OD 值, 计算得到酶活力 ( $\text{U}/\text{mgprot}$ ), 每组重复 3 次, 并以液体石蜡处理作为对照组。

1.3 统计学方法 熏蒸和玻片浸渍实验结果用 Excel 计算, 并采用 SPSS 26.0 进行统计学分析, 方差分析和校正死亡率分别采用 Duncan's 法和 Abbott<sup>[15]</sup> 公式检测差异显著性。阳性对照实验结果采用 GraphPad Prism 9 进行绘制并结合 SPSS 26.0 进行显著性分析。

### 2 结果

2.1 辣根素对粉尘螨的熏蒸作用 辣根素对粉尘螨有较强的熏蒸活性,且与处理浓度和处理时间有一定的量效关系(见图 1、表 1)。当处理组的浓度为 0.2 mL/L 时,24 h 的校正死亡率仅为 20.85%,随着浓度的增大,校正死亡率不断提高,当处理组浓度为 0.6 mL/L 时,校正死亡率即可达到 60%( $P < 0.05$ )以上。而对于同一浓度,一定范围内,随着时间的增加,辣根素对粉尘螨的校正死亡率也在不断提高,其中 72 h 的  $LC_{50}$  为 0.189 mL/L( $R^2 = 0.968$ )。

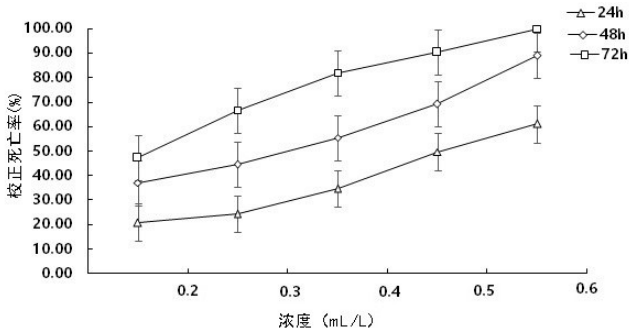


图 1 熏蒸后辣根素对粉尘螨校正死亡率变化曲线

表 1 辣根素对粉尘螨的熏蒸活性

组别	校正死亡率/%		
	24 h	48 h	72 h
0.2/(mL · L <sup>-1</sup> )组	20.85±1.89 <sup>Bd</sup>	37.03±4.28 <sup>Ad</sup>	47.22±5.00 <sup>Ad</sup>
0.3/(mL · L <sup>-1</sup> )组	24.40±1.99 <sup>Ccd</sup>	44.44±2.14 <sup>Bcd</sup>	66.67±2.41 <sup>Ac</sup>
0.4/(mL · L <sup>-1</sup> )组	34.71±1.98 <sup>Cc</sup>	55.56±0.00 <sup>Bc</sup>	81.95±3.68 <sup>Ab</sup>
0.5/(mL · L <sup>-1</sup> )组	49.60±3.03 <sup>Cb</sup>	69.14±3.26 <sup>Bb</sup>	90.27±1.39 <sup>Aab</sup>
0.6/(mL · L <sup>-1</sup> )组	61.05±5.73 <sup>Ba</sup>	88.89±3.70 <sup>Aa</sup>	100.0±0.00 <sup>Aa</sup>
空白对照组	3.00±0.00	10.00±0.00	20.00±0.00

注:①表内计量资料数据以( $\bar{x} \pm s$ )表示。②每组进行 3 次重复实验,同列数据后标有不同小写字母表示同一时间不同浓度下杀螨活性差异有统计学意义( $P < 0.05$ );同行数据后标有不同大写字母表示同一浓度不同时间下杀螨活性差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。

2.2 辣根素对粉尘螨的触杀活性 随着处理浓度和时间的增加,辣根素对粉尘螨的触杀活性也在增强(见图 2、表 2),但对粉尘螨的杀灭活性低于熏蒸法,当浸渍浓度为 0.8 mL/L 时,24 h 的校正死亡率才能超过熏蒸法中 0.3 mL/L 的 24 h 校正死亡率,当浸渍浓度不断提高,达到 1.6 mL/L 时,死亡率可达到 73.33%,与其他处理组存在差异( $P < 0.05$ )。随着时间的增加,校正死亡率也在不断提高,以 1.6 mL/L 处理 72 h 后,校正死亡率即可达到 100%。由图 3 可知,各处理组随着时间的增加,杀螨率均在增加,且在一定范围内与浓度存在明显的剂量效应,其中 72 h 的  $LC_{50}$  为 0.919 mL/L( $R^2 = 0.985$ ),进行阳性对照时发现 1.6

mL/L 辣根素玻片浸渍杀螨效果优于阳性对照组,与其他两组存在差异( $P < 0.05$ )。

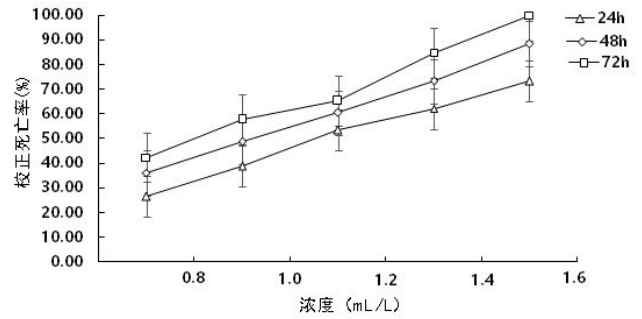
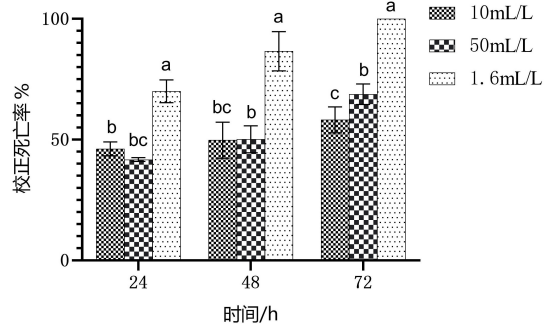


图 2 玻片浸渍后辣根素对粉尘螨校正死亡率变化曲线

表 2 辣根素对粉尘螨的触杀活性

组别	校正死亡率/%		
	24 h	48 h	72 h
0.8/(mL · L <sup>-1</sup> )组	26.67±3.85 <sup>Bd</sup>	36.14±2.56 <sup>ABd</sup>	42.42±1.51 <sup>Ad</sup>
1.0/(mL · L <sup>-1</sup> )组	38.89±4.44 <sup>Bcd</sup>	48.84±5.56 <sup>ABc</sup>	57.57±4.01 <sup>Ac</sup>
1.2/(mL · L <sup>-1</sup> )组	53.37±6.91 <sup>Bbc</sup>	60.41±6.39 <sup>Bbc</sup>	65.15±6.06 <sup>Ac</sup>
1.4/(mL · L <sup>-1</sup> )组	62.22±4.00 <sup>Bab</sup>	73.18±5.85 <sup>ABa</sup>	84.85±5.46 <sup>Ab</sup>
1.6/(mL · L <sup>-1</sup> )组	73.33±3.85 <sup>Ca</sup>	88.50±3.83 <sup>Ba</sup>	100.0±0.00 <sup>Aa</sup>
空白对照组	0.00	13.00	27.00

注:①表内计量资料数据以( $\bar{x} \pm s$ )表示。②每组进行 3 次重复实验,同列数据后标有不同小写字母表示同一时间不同浓度下杀螨活性差异( $P < 0.05$ );同行数据后标有不同大写字母表示同一浓度不同时间下杀螨活性差异( $P < 0.05$ )。



注:每组均进行 3 次重复实验,其中 10 mL/L、50 mL/L、1.6 mL/L 分别为苯甲酸苄酯、邻苯二甲酸二丁酯、辣根素的玻片浸渍浓度。

图 3 辣根素与其他杀螨剂杀螨效果对比(玻片浸渍)

2.3 辣根素对粉尘螨体内总蛋白含量的影响 辣根素处理后粉尘螨体内总蛋白含量变化见图 4,0~24 h 间实验组与对照组变化趋势基本相同。0~12 h 实验组总蛋白含量明显上升,12 h 达最大值,为 24.66 g/L,12 h 后,总蛋白含量呈下降趋势,对照组总蛋白含量与实验组变化趋势基本相同,也呈现先上升后下降的趋势,其中 6 h 和 12 h 总蛋白含量低于实验组,其他时间范围内均略高于实验组。

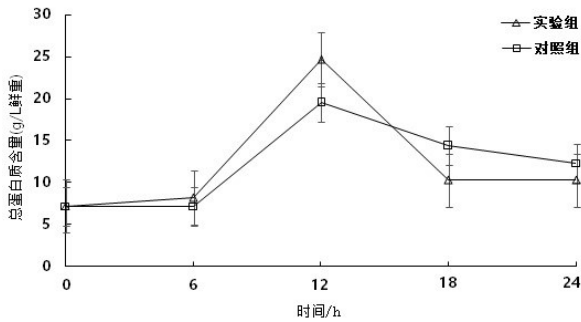


图 4 辣根素处理后对粉尘螨总蛋白含量的影响

2.4 辣根素对粉尘螨体内乙酰胆碱酯酶(AchE)活性的影响 辣根素对乙酰胆碱酯酶活性的影响见图 5, 处理后 0~12 h 实验组酶活力呈现下降趋势, 12 h 酶活力达最小值, 均低于对照组, 其中 6 h 对照组酶活力为实验组的 1.5 倍, 可以推断出经辣根素处理后, AchE 出现一定程度的抑制; 12~24 h 实验组和对照组变化趋势基本相同, 且变化幅度相对不大, 均呈现先上升后下降的趋势。

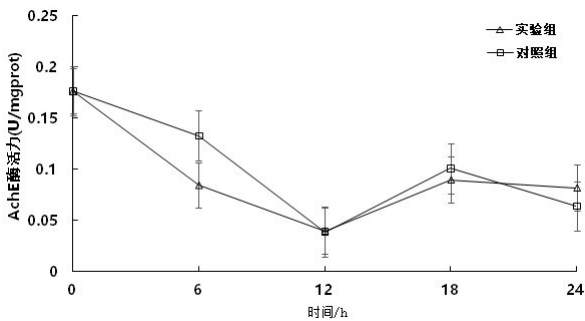


图 5 辣根素对粉尘螨 AchE 活性的影响

2.5 辣根素对粉尘螨体内谷胱甘肽 S-转移酶(GSTs)活性的影响 辣根素对谷胱甘肽 S-转移酶活性的影响见图 6, 处理后 0~12 h 实验组先上升后下降, 均高于对照组, 其中 6 h 处理组酶活力最高, 为对照组的 1.6 倍, 12 h 后, 处理组和对照组变化趋势基本相同, 且实验组略低于对照组, 由此可见辣根素处理后谷胱甘肽 S-转移酶先激活后抑制, 而 GSTs 也是生物体内应对外来刺激的重要保护酶之一, 因此 GSTs 可能是螨体受辣根素处理后重要靶标之一。

2.6 辣根素对粉尘螨体内单胺氧化酶(MAO)活性的影响 辣根素作用后对单胺氧化酶的影响见图 7, 处理后实验组和对照组变化趋势基本相同, 0~12 h 实验组酶活力呈现下降趋势, 12 h 实验组和对照组酶活力均达到最低值, 其中实验组最小为 1.01 U/mgprot, 12 h 后, 实验组和对照组均呈现先上升后下降的变化趋势, 整个处理过程, 实验组酶活力均低于对照组, 单胺氧化酶活性受到明显的抑制作用。

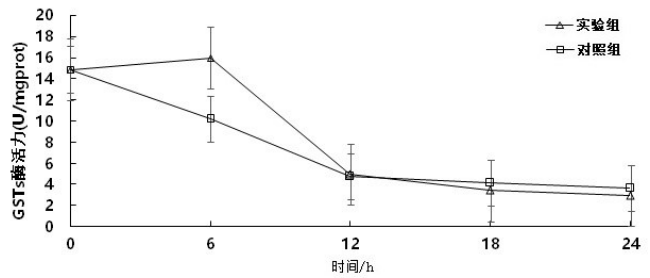


图 6 辣根素对粉尘螨 GSTs 活性的影响

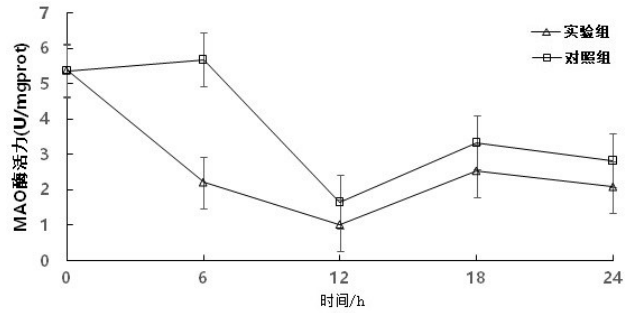
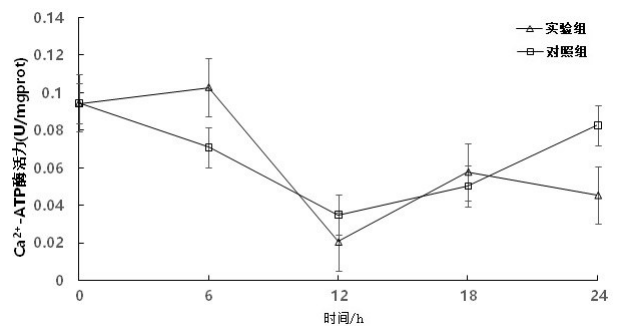


图 7 辣根素对粉尘螨 MAO 活性的影响

2.7 辣根素对粉尘螨体内  $\text{Ca}^{2+}$ -ATP 酶活性的影响

辣根素处理后对粉尘螨体内  $\text{Ca}^{2+}$ -ATP 酶活性的影响见图 8, 处理后 0~12 h 实验组酶活性先上升后下降, 6 h 酶活性达最大值, 酶活性明显高于对照组, 12 h 达最小值, 仅为 6 h 的 1/5, 且 12 h 酶活性低于对照组, 12 h 后实验组酶活性先上升后下降, 24 h 酶活性低于对照组, 仅为对照组的 1/2, 总体来看, 辣根素处理后,  $\text{Ca}^{2+}$ -ATP 酶活性先激活后抑制。

图 8 辣根素对粉尘螨  $\text{Ca}^{2+}$ -ATP 活性的影响

### 3 讨论

用天然杀螨活性成分开发新型植物源杀螨剂, 可有效解决化学杀螨剂引起的残留、抗性、害虫猖獗等问题。本研究以 95% 的辣根素为主要杀螨活性物质, 以液体石蜡作为溶剂进行梯度稀释, 采用熏蒸法和玻片浸渍法测试杀螨效果。研究发现, 辣根素对粉尘螨有较强的熏蒸活性, 并且发现熏蒸效果显著优于浸渍效果, 推测可能是接触瞬间液体石蜡在粉尘螨表面形成了暂时性保护的油膜<sup>[16]</sup>, 阻碍了粉尘螨进一步与辣根

素的接触,降低了杀螨率,再者,浸渍处理后拭去表面黏附的处理药液,残留相对较少,再次减弱了辣根素的作用效果。以苯甲酸苄酯、邻苯二甲酸二丁酯进行阳性对照,预实验结果表明上述两种化学除螨剂对粉尘螨不具有熏蒸活性,但具有明显的触杀活性,进行梯度稀释,结果表明,辣根素触杀效果明显优于苯甲酸苄酯和邻苯二甲酸二丁酯,揭示了辣根素对粉尘螨良好的毒杀作用。

乙酰胆碱酯酶(AchE)是一种丝氨酸水解酶,可通过快速水解神经递质乙酰胆碱从而中止神经冲动的传递<sup>[17]</sup>。研究发现<sup>[18]</sup>,杀螨剂可通过抑制乙酰胆碱的水解而引起突触后膜乙酰胆碱受体的高度兴奋,然后产生极化作用,导致虫体麻痹死亡,处理后,可观察到螨体出现不同程度的挣扎、麻痹现象,根据实验结果,AchE 活性在处理前期明显低于对照组,受到一定程度的抑制作用,推断可能是导致螨体死亡的主要靶标酶之一。而 MAO 可催化多种神经胺代谢排出体外,单胺水平的异常变化,会导致神经系统紊乱,与乙酰胆碱酯酶(AchE)共同被认为是多数杀螨剂的主要靶标。在整个实验过程中 MAO 活性均低于对照组,其中又以 0~12 h 最显著,处理后,两种酶受到不同程度的抑制作用,这与百部根中提取对朱砂叶螨触杀活性中两种酶活性降低作用效果相一致<sup>[19]</sup>,且辣根素处理后酶活力下降速率远高于百部,而这两种酶均与神经兴奋的传导有关,推测处理后辣根素活性物质逐渐穿透螨体表皮层破坏其体壁结构,引起神经系统正常代谢紊乱,使粉尘螨受到持续的兴奋作用,最终麻痹、死亡。

GSTs 是生物体内重要的解毒酶之一,该酶可通过催化还原性谷胱甘肽(GSH)与具有亲电子基团的化合物进行轭合反应来降低细胞毒性,具有消除体内自由基和解毒的双重功能<sup>[20]</sup>。赵卫东等<sup>[21]</sup>发现二斑叶螨对阿维菌素产生抗性的主要原因是 GSTs 比活力增高的结果。本研究发现,辣根素处理后,GSTs 活性显著激活,6 h 处理组酶活力为对照组 1.6 倍,进一步验证了 GSTs 的解毒功能,12 h 后,实验组低于对照组,受到一定程度的抑制作用,这一结果与辣椒碱类物质处理后朱砂叶螨 GSTs 活性显著降低变化趋势相符<sup>[22]</sup>,推测可能是辣根素作用后有毒物质的积累超过了该酶解毒代谢的能力,最终引起粉尘螨中毒死亡。因此,本研究中辣根素处理后,GSTs 酶活性的变化可能是导致螨体死亡的又一重要原因。 $\text{Ca}^{2+}$ -ATP 酶对保持细胞内  $\text{Ca}^{2+}$  的平衡及神经细胞的兴奋和传导,维持细胞内  $\text{Ca}^{2+}$  稳定起到非常关键的作用<sup>[23]</sup>,是植物源杀螨剂主要靶标。研究发现,辣根素处理后  $\text{Ca}^{2+}$ -ATP 酶先激活后抑制,处理后的抑制作用与牵牛子提

取物对朱砂叶螨体内的  $\text{Ca}^{2+}$ -ATP 酶活性变化相一致,且发现辣根素作用后出现一定程度的激活,推测可能是不同浓度和处理药液相互作用后的结果<sup>[24]</sup>。

综上,辣根素对粉尘螨有较强的杀灭活性,熏蒸活性显著优于触杀活性。同时,触杀活性显著优于苯甲酸苄酯和邻苯二甲酸二丁酯。辣根素处理后,粉尘螨体内各种酶发生不同程度的变化,可以推断出解毒代谢能力的降低和神经突触传递的阻断可能是导致螨体死亡的直接原因。本研究为开发以辣根素为核心的新型、高效、绿色、安全的植物源杀螨剂提供理论依据。

#### 参考文献:

- [1] BAIZ N, MACCHIAVERNI P, TULIC M K, et al. Early oral exposure to house dust mite allergen through breast milk: a potential risk factor for allergic sensitization and respiratory allergies in children[J]. *J Allergy Clin Immunol*, 2017, 139(1): 369-372.
- [2] VITIELLO G, BIAGIONI B, PARRONCHI P. The multiple roles of mite allergens in allergic diseases[J]. *Curr Opin Allergy Clin Immunol*, 2019, 19(6): 623-631.
- [3] TAO X Y, NG C L, CHEN D, et al. Clinical characteristics and allergen sensitization patterns of patients with local allergic rhinitis in Southern China[J]. *Int Arch Allergy Immunol*, 2018, 175(1-2): 107-113.
- [4] CHEN M, WU Y F, YUAN S H, et al. Research on allergic rhinitis improvement in asthmatic children after dust mite exposure reduction: a randomized, double-blind, cross-placebo study protocol[J]. *Trials*, 2020, 21(1): 686.
- [5] SUN Y X, CUI L W, HOU J, et al. Role of ventilation and cleaning for controlling house dust mite allergen infestation: a study on associations of house dust mite allergen concentrations with home environment and life styles in Tianjin area, China[J]. *Indoor Air*, 2022, 32(8): e13084.
- [6] KALAYCI O, MILIGKOS M, POZO BELTRÁN CF, et al. The role of environmental allergen control in the management of asthma[J]. *World Allergy Organ J*, 2022, 15(3): 100634.
- [7] JESCHKE P. Status and outlook for acaricide and insecticide discovery[J]. *Pest Manag Sci*, 2021, 77(1): 64-76.
- [8] 武江利, 孟丽峰, 冯毛, 等. 狄斯瓦螨对杀螨剂抗性机制的研究进展[J]. *应用昆虫学报*, 2022, 59(2): 239-249.
- [9] FENG K Y, WEN X, HE X L, et al. Resistant inheritance and cross-resistance of cyflumetofen in tetranychus cinnabarinus (Boisduval) [J]. *Pestic Biochem Physiol*, 2018, 148: 28-33.
- [10] 张莉睿, 毕洁. 植物精油对储藏物害虫防治作用的研究进展[J/OL]. *中国粮油学报*, 1-11[2022-12-24]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2864.TS.20220623.1547.006.html>.

(下转第 72 页)

- [9] GE W, LI Q, LIU W J, et al. Carbon nanoparticle suspension could help get a more accurate nodal staging for patient with rectal cancer[J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1):9933.
- [10] 张海永, 黄许森. 经腹腔镜保护盆腔自主神经的低位直肠癌根治术的研究现状与进展[J]. *右江民族医学院学报*, 2017, 39(2):146-148.
- [11] 吴军, 贾成功, 史传文. 腹腔镜与开放手术治疗结直肠癌的临床效果及预后分析[J]. *腹腔镜外科手术*, 2020, 25(11):844-848.
- [12] 李世拥. 腹部无切口腹腔镜直肠癌经肛门切除吻合术的实践与发展[J]. *中华普外科手术学杂志(电子版)*, 2016, 10(2):91-93.
- [13] 王锡山. 结直肠肿瘤类-NOTES 手术实践与关键技术[J]. *中华普外科手术学杂志(电子版)*, 2016, 10(2):94-96.
- [14] UEHARA K, YAMAMOTO S, FUJITA S, et al. Impact of upward lymph node dissection on survival rates in advanced lower rectal carcinoma[J]. *Dig Surg*, 2007, 24(5):375-381.
- [15] 骆泽民, 方建惠, 韦良宏, 等. IV 期结直肠癌患者淋巴结转移相关基因的研究[J]. *右江民族医学院学报*, 2022, 44(3):367-372.
- [16] 李泽航. 使用超声刀进行胃癌血管鞘内淋巴结清扫的风险与价值研究[D]. 广州: 广州中医药大学, 2015.
- [17] 龚航军, 韩刚, 王以东, 等. 血管鞘内解剖法在胃癌 D2 根治术中的应用[J]. *中华临床医师杂志(电子版)*, 2013, 7(4):1501-1504.
- [18] 何裕隆. 胃癌淋巴结清扫与血管鞘的关系[J]. *外科理论与实践*, 2005, 10(5):470-472.
- [19] CHATURVEDI R, BURTON B N, GABRIEL R A. Complication rates and the benefits of neuraxial anesthesia in the patient with high comorbidity burden undergoing primary total joint arthroplasty[J]. *J Arthroplasty*, 2020, 35(11):3089-3092.

收稿日期:2022-10-09;修回日期:2022-10-27

(上接第 50 页)

- [11] 吴华, 冯俊涛, 何军, 等. 辣根素的生物活性研究进展[J]. *中国生物防治学报*, 2013, 29(2):301-306.
- [12] 孙海, 李云龙, 胡彬, 等. 20% 辣根素水乳剂对番茄根结线虫的防治效果及应用前景[J]. *中国蔬菜*, 2020(9):98-99.
- [13] DUTTA A, MANDAL A, KUNDU A, et al. Deciphering the behavioral response of *meloiodogyne incognita* and *fusarium oxysporum* toward mustard essential oil[J]. *Front Plant Sci*, 2021, 12:714-730.
- [14] FAO. Recommended methods for measurement of resistance to pesticides[J]. *Plant production and protection*, 1980, 21:49-54.
- [15] ABBOTT WS. A Method of computing the effectiveness of an insecticide[J]. *J Econ Entomol*, 1925, 18(2):265-267.
- [16] KAUSHIK V, GANASHALINGAM Y, SCHESNY R, et al. Influence of massage and skin hydration on dermal penetration efficacy of nile red from petroleum jelly-an unexpected outcome[J]. *Pharmaceutics*, 2021, 13(12):2190.
- [17] SCHNITZLER LG, BAUMGARTNER K, KOLB A, et al. Acetylcholinesterase activity influenced by lipid membrane area and surface acoustic waves [J]. *Micromachines (Basel)*, 2022, 13(2):287.
- [18] THAPA S, LV M, XU H. Acetylcholinesterase: a primary target for drugs and insecticides[J]. *Mini Rev Med Chem*, 2017, 17(17):1665-1676.
- [19] 王文平, 成军, 卜春亚, 等. 百部根中提取对朱砂叶螨触杀活性的测定[J]. *农学学报*, 2013, 3(3):13-17, 38.
- [20] BARTLEY K, WRIGHT H W, BULL R S, et al. Characterisation of *dermanyssus gallinae* glutathione s-transferases and their potential as acaricide detoxification proteins[J]. *Parasit Vectors*, 2015, 8:350.
- [21] 赵卫东, 王开运, 姜兴印, 等. 二斑叶螨对阿维菌素、哒螨灵和甲氰菊酯的抗性选育及其解毒酶活力变化[J]. *昆虫学报*, 2003, 46(6):788-792.
- [22] 倪婧, 谢道燕, 杨振国, 等. 天然辣椒碱类物质对朱砂叶螨杀螨活性的影响[J]. *西南农业学报*, 2022, 35(2):380-385.
- [23] DUSZA H M, CENIJN P H, KAMSTRA J H, et al. Effects of environmental pollutants on calcium release and uptake by rat cortical microsomes[J]. *Neurotoxicology*, 2018, 69:266-277.
- [24] 杜娟, 赵磊, 师光禄, 等. 牵牛子杀螨活性物质鉴定及其作用机制初探[J]. *林业科学*, 2011, 47(11):199-203.

收稿日期:2022-10-21;修回日期:2022-11-26