

双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨的生物活性及作用方式^{*}

雍小菊 丁伟^{**} 张永强 李明霞

(西南大学植物保护学院, 重庆 400716)

摘要 在室温 $26\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $60\% \sim 80\%$ 、光照 14 h 条件下, 测定了天然植物活性成分双去甲氧基姜黄素对重要植食性害螨朱砂叶螨各螨态的触杀和熏蒸活性, 对幼螨、若螨、成螨的驱避活性, 以及对雌成螨的产卵抑制活性. 采用玻片浸渍法测得双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨雌成螨 48 h 的 LC_{50} 为 $0.433\text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$. 在 $0.883\text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ (LC_0) 的浓度下, 双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨不同螨态触杀活性的大小依次为 幼螨 > 若螨 > 成螨 > 卵, 其中对幼螨 24 h 和 48 h 的校正死亡率分别为 60.0% 和 83.3%; 对朱砂叶螨各螨态的熏蒸作用不明显, 24 h 和 48 h 的校正死亡率均小于 3%; 对幼螨、若螨以及成螨均表现出较强的驱避作用, 其中对幼螨的效果最好, 不同处理时间的驱避率均在 85% 以上, 其次是若螨, 对成螨的驱避性相对较差, 72 h 的驱避率仅为 47.8%. 同时对雌成螨有明显的产卵抑制作用, 处理后 120 h 产卵抑制率达到 89.3%. 表明双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨的主要作用方式为触杀、驱避和产卵抑制作用.

关键词 双去甲氧基姜黄素 朱砂叶螨 触杀 熏蒸 产卵抑制 驱避

文章编号 1001-9332(2011)06-1592-07 中图分类号 S482.5 文献标识码 A

Bioactivity and action modes of bisdemethoxycurcumin against *Tetranychus cinnabarinus* Bois (Acar: Tetranychidae). YONG Xiaoju, DING Wei, ZHANG Yongqiang, LIMingxia (College of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400716, China). -Chin J Appl Ecol, 2011, 22(6): 1592-1598

Abstract This paper determined the contact killing and fumigant activities of natural plant product bisdemethoxycurcumin (BDMC) on the important phytophagous mite *Tetranychus cinnabarinus* (Acar: Tetranychidae) at its different life stages and studied the repellency effects of BDMC on the mite larvae, nymphs and adults and the inhibition efficiency of BDMC on the female mite oviposition under the conditions of $26\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, $60\% \sim 80\%$ RH and light cycle 14L:10D h. The median lethal concentration (LC_{50}) of BDMC at 48 h against female adults determined by slide dip method was $0.433\text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$. At concentration $0.883\text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ (LC_0), the contact killing activity of BDMC against different life stage *T. cinnabarinus* was in the order of larva > nymph > adult > eggs and the corrected mortality of larvae at 24 h and 48 h was 60.0% and 83.3%, respectively. BDMC had no obvious fumigant activity against different life stage *T. cinnabarinus*, and the corrected mortality was all less than 3% after treatment 24 h and 48 h. BDMC had stronger repellency activity against the mite with the repellency rate against larvae at different treatment times all above 85%, followed by against nymphs and that against adults after 72 h being only 47.8%. BDMC had obvious oviposition inhibition activity against female adults with the inhibition rate after 120 h reached 89.3%. All the results suggested that the main action modes of BDMC against *T. cinnabarinus* were contact killing, repellency and oviposition inhibition.

Key words bisdemethoxycurcumin; *Tetranychus cinnabarinus*; contact killing; fumigant; oviposition inhibition; repellency

^{*} 国家自然科学基金项目 (30671392), 重庆市科技攻关项目 (CSTC2008AC1094) 和重庆市自然科学基金项目 (CSTC2010BB1016) 资助.

^{**} 通讯作者. E-mail: dwn818@yahoo.com.cn

2010-11-03 收稿, 2011-03-22 接受.

朱砂叶螨 (*Tetranychus cinnabarinus*) 广泛分布于全世界范围内的农田、果树和温室作物上, 是一种重要的多食性害螨^[1]。其主要寄主作物有茄子、豇豆、棉花、桃树、玉米、高粱、小麦、芝麻、枣树、桑树等^[2]。朱砂叶螨具有较高的生殖潜能和较短的生命周期, 再加上杀螨剂的频繁使用, 导致其对于多种杀螨剂能够迅速产生抗性^[3-4], 同时, 不合理地使用杀虫杀螨剂也加速了这种抗性的发展。另外, 使用一些化学合成的药剂控制蔬菜、果树等作物上的螨类, 会产生致癌、致毒、难降解、易污染等毒副作用, 因此迫切需要寻找更为安全有效的螨类控制剂^[5]。

姜黄 (*Curcuma longa*) 作为一种药材, 除具有多种药理活性外, 还对多种害虫, 尤其是储粮害虫具有触杀、胃毒、抑制生长等作用^[6]。姜黄中的主要活性成分是姜黄素类化合物, 其中姜黄素、去甲氧基姜黄素和双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨均具有较好的触杀效果^[7]。在 3 种姜黄素类化合物中, 双去甲氧基姜黄素的活性最高, 但之前的研究仅证实其对朱砂叶螨具有触杀和产卵抑制作用, 其对朱砂叶螨的作用方式是否仅限于触杀作用和产卵抑制, 是否还有其他的作用方式, 这些作用方式对不同螨态的朱砂叶螨效果如何, 还没有相关的研究报道。本文采用触杀、熏蒸、产卵抑制和驱避 4 种作用方式, 研究了双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨卵、幼螨、若螨和成螨的致死效果, 以明确在不同作用方式下, 其对朱砂叶螨不同螨态的作用, 为进一步研究其作用机理, 开发新型的植物源杀螨剂奠定坚实的基础。

1 材料与方法

1.1 供试材料

朱砂叶螨采自重庆市北碚区田间的豇豆苗上, 在人工气候室内 $26^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、60% ~ 80% RH 光照 L:D=14 h:10 h 条件下用盆栽豇豆苗饲养多年所获得的品系。

双去甲氧基姜黄素, 含量 $\geq 98\%$, 购买自河北食品添加剂有限公司。试验时加 5% 的丙酮和 1% 的吐温 80 使其溶解, 加水定容后供试。

1.2 研究方法

1.2.1 双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨雌成螨的触杀毒力试验 采用 FAO 推荐的玻片浸渍法^[8]: 将双面胶带剪成 $1\text{ cm} \times 3\text{ cm}$ 的长条, 贴在载玻片的一端, 用镊子揭去胶带上的纸片, 用 0 号笔挑选大小一致、体色鲜艳、行动活泼的 3 ~ 5 日龄雌成螨, 并轻轻将供试螨的背面粘于双面胶带上 (注意不要粘住螨的

螯肢), 每片粘 2 行, 每行粘 15 头左右。粘上螨的玻璃片放在铺有一层浸水海绵的干净方盘中, 在同饲养条件下放置 4 h 后, 用双目解剖镜观察, 剔除死亡或不活泼的个体, 记载实际的螨个数, 作为供试基数。将供试药剂配成 5 个浓度梯度 (1000、500、250、125、62.5 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$), 并采用相同配比的溶剂做对照。将带螨的一端玻片浸入供试药剂中, 轻轻摇动, 5 s 后取出, 用吸水纸迅速吸干螨体及其周围多余的药液, 玻片平放在方盘中, 在同饲养条件下分别放置 24 h、48 h、72 h 后, 记录螨的死亡数, 每个浓度重复 3 次, 处理约 90 头螨。

1.2.2 双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨雌成螨的产卵抑制活性试验 采用全叶法^[9]: 选取直径为 7.0 cm 高为 0.9 cm 带有紧盖的塑料培养皿, 在培养皿内铺一层薄薄的脱脂棉, 加水直至饱和而滴水, 在棉花上放一张滤纸, 将新鲜的豇豆苗叶剪成直径约 5 cm 的叶碟放入培养皿内, 叶背朝上放置, 叶片紧贴滤纸, 在叶片边缘围一圈棉条防止螨逃逸。用棉签在叶背面分别涂上玻片浸渍法处理后得到的 LC_{70} 、 LC_{50} 和 LC_{30} 3 个浓度的药剂, 另设相同配比的溶剂对照。待药液干后, 每张叶片接 10 头雌成螨和 10 头雄成螨, 每个处理 3 次重复, 每隔 24 h 在双目解剖镜下观察 1 次各处理的产卵量, 连续观察 5 d 试验完毕, 计算产卵抑制率。

产卵抑制率 = $[(\text{对照组产卵量} - \text{处理组产卵量}) / \text{对照组产卵量}] \times 100\%$

1.2.3 双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨的杀卵活性试验 采用叶片残毒法^[10-12] 并加以改进: 选取新鲜的豇豆苗叶放入铺有脱脂棉和滤纸的培养皿内, 并且在叶片边缘围一圈棉条, 方法同 1.2.2 每张叶片接 10 头雌成螨, 置养虫室中任其产卵 24 h 后移去雌成螨, 每片叶上留 30 ~ 40 粒卵, 将粘有螨卵的叶片浸入事先配置好的药剂中, 5 s 后取出, 另设相同配比的溶剂对照。叶片晾干后重新放入培养皿中, 检查并记录螨卵数, 每个处理 3 次重复。每日往培养皿中加水保湿, 每 24 h 观察 1 次卵孵化情况, 并记录剩余螨卵数, 累计观察 7 d 当对照卵全部孵化时, 处理卵仍没有孵化的视为死亡。试验完毕, 计算孵化抑制率。

孵化抑制率 = $[(\text{对照卵的孵化率} - \text{处理卵的孵化率}) / \text{对照卵的孵化率}] \times 100\%$

1.2.4 双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨幼螨、若螨和成螨的触杀活性试验 采用叶碟浸渍法^[10-11] 并加以改进: 分别选取新鲜的豇豆苗叶, 放入铺有滤纸与

脱脂棉的塑料培养皿内, 每张叶片接 10 头雌成螨, 置养虫室中任其产卵 24 h 后移去雌成螨. 将雌成螨挑出后的第 5 天, 在双目解剖镜下去掉若螨、卵和死螨, 每张叶片留下 30~40 头幼螨, 把叶片连幼螨一起浸入药液中轻轻摇动 5 s 后取出, 迅速吸干螨体周围多余的药液, 放入培养皿中. 然后将培养皿置于养虫室内, 每个处理 3 次重复. 每 24 h 检查 1 次螨的死亡数并计算校正死亡率, 连续观察 4 d

校正死亡率 = [(处理组死亡率 - 对照组死亡率) / (1 - 对照组死亡率)] × 100%

双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨若螨触杀活性的测定同幼螨, 只是在卵孵化大约 7 d 后, 待大多数卵发育成若螨时, 选取新鲜的豇豆苗叶并剪成 5 cm 的叶碟, 将若螨挑到叶碟上, 每叶 35 头左右. 而测定成螨的触杀活性时则直接选取 35 头 3~5 日龄的成螨采用相同方法进行测定. 对照均采用相同配比的溶剂处理. 每 24 h 检查 1 次螨的死亡数, 连续观察 4 d

1.2.5 双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨卵、幼螨、若螨和成螨的重蒸活性试验 采用罐头瓶重蒸法^[13-14]并加以改进: 选取新鲜的豇豆苗叶, 每张叶片上接 10 头雌成螨, 放入铺有脱脂棉和滤纸的培养皿中, 待螨产卵 24 h 后将成螨挑出, 检查并记录螨卵数. 取 500 mL 的罐头瓶, 将粘有螨卵的叶片及培养皿中的脱脂棉、滤纸一同放入罐头瓶底部; 再将供试药剂及相同配比的溶剂对照注于滤纸上, 滤纸悬于瓶盖上, 迅速盖上瓶盖. 将瓶子移入人工气候室内, 每个处理 3 次重复. 每 24 h 观察 1 次, 观察之前先揭盖散气 1 h 后将螨连同棉花滤纸取出镜检, 记录剩余的卵量, 连续观察 5 d 当对照卵全部孵化时, 处理卵仍没有孵化的视为死亡. 试验完毕, 计算孵化率.

双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨幼螨、若螨、成螨的重蒸活性也采用此重蒸法, 只是供试螨选取大小一致的幼螨、若螨和成螨. 试验完毕, 计算校正死亡率 (计算方法同 1.2.4).

1.2.6 双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨幼螨、若螨、成螨的驱避活性试验 采用半叶法^[15]: 选取新鲜的豇豆苗叶放入培养皿内, 以叶片中脉为界, 一半叶的表

面用棉签小心涂上处理药剂, 另一半叶涂上相同配比的溶剂对照. 待药液干后, 每张叶片分别接 40 头幼螨、若螨和成螨, 每个处理重复 3 次. 每隔 24 h 在双目解剖镜下观察 1 次处理区及对照区的着螨量, 连续观察 4 d 试验完毕, 计算各螨态的驱避率.

驱避率 = [(对照区螨数 - 处理区螨数) / 对照区螨数] × 100%

分级标准: 0 级 = 无驱避作用, I 级 = 0~20% 驱避率, II 级 = 20.1%~40% 驱避率, III 级 = 40.1%~60% 驱避率, IV 级 = 60.1%~80% 驱避率, V 级 = 80.1%~100% 驱避率.

1.3 数据处理

采用 Microsoft Excel 2003 和 SPSS 13.0 软件对数据进行处理, 采用 Duncan 新复极差法进行差异显著性分析.

2 结果与分析

2.1 双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨雌成螨的触杀毒力

由表 1 可知, 双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨雌成螨具有很好的触杀活性. 双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨成螨处理 48 h 后的毒力回归方程为 $\hat{Y} = 0.615 + 1.697X$, $r = 0.982$, LC_{50} 为 $0.433 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$, 95% 的置信区间为 $0.303 \sim 0.709 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$. 同时计算得到处理 48 h 后的 LC_{70} 、 LC_{50} 和 LC_{30} 分别为 0.883 、 0.433 和 $0.212 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$. 从 48 h 和 72 h 的毒力回归线可知, 72 h 的常数 b 值较大, 说明随着时间的增加, 朱砂叶螨对双去甲氧基姜黄素的群体敏感性增加.

2.2 双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨雌成螨的产卵抑制作用

选取玻片浸渍法处理后所得的 LC_{70} 、 LC_{50} 和 LC_{30} 3 个浓度进行研究, 确定了它们对朱砂叶螨雌成螨的产卵抑制活性. 从图 1 可以看出, 浓度 LC_{70} 的双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨的雌成螨具有非常明显的产卵抑制作用, 处理后 5 d 每天的产卵抑制率均维持在 50% 以上, 而最高则达到了 80% 以上; 浓

表 1 双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨雌成螨的触杀活性

Table 1 The contact activity of bisdemethoxycurcumin against Tetranychus cinnabarinus female adults

处理时间 Treatment time (h)	毒力回归方程 LC-P equation	致死中浓度 LC_{50} (95% 置信限) Median lethal concentration (95% CI) ($\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)	相关系数 R	卡方值 χ^2
48	$\hat{Y} = 0.615 + 1.697X$	0.433 (0.303 ~ 0.709)	0.982	5.451
72	$\hat{Y} = 1.666 + 1.724X$	0.109 (0.087 ~ 0.131)	0.993	1.055

度为 LC_{50} 和 LC_{30} 处理, 产卵抑制活性相对较差, 不同处理时间的产卵抑制率在 20% 到 40% 之间。

2.3 双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨的杀卵活性

采用产卵抑制活性相对较高的浓度 (LC_{70}) 测定双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨的杀卵活性。从图 2 可以看出, 该浓度双去甲氧基姜黄素具有一定的杀卵活性, 但活性较低, 处理后最终的孵化抑制率为 24.6%。在处理后的前 3 d 处理组和对照组的卵均没有孵化, 卵的孵化主要发生在处理后第 4 天到第 5 天之间, 此时对照组卵的孵化率从 8.3% 增加到了 93.7%, 而处理组仅从 3.5% 增加到 57.5%, 并且此后的变化较小。

2.4 双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨幼螨、若螨、成螨的触杀活性

在叶碟浸渍法下, 采用 LC_{70} 测定双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨幼螨、若螨和成螨处理后的触杀活性。从图 3 可以看出, LC_{70} 的双去甲氧基姜黄素对 3 种不同螨态的朱砂叶螨处理 48 h 后, 对幼螨表现的

触杀活性最高, 校正死亡率为 83.3%; 其次是若螨, 校正死亡率为 68.3%; 对成螨的触杀活性最低, 校正死亡率仅为 28.3%。处理后第 4 天, 幼螨的校正死亡率增加到 98.3% (增加 15.3%), 若螨和成螨分别增加到 91.9% 和 75.1% (增加 25.7% 和 62.4%), 这表明双去甲氧基姜黄素对不同螨态朱砂叶螨的触杀活性随着时间的增加均表现出不同程度的增加, 其中成螨触杀活性的增加最为明显。

2.5 双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨卵、幼螨、若螨、成螨的熏蒸活性

分别测定了 LC_{70} 的双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨卵、幼螨、若螨和成螨的熏蒸活性。从图 4 可以看出, 对照组卵和处理组卵的孵化率随着处理时间的变化几乎没有差异, 说明在试验条件下 LC_{70} 的双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨的卵并没有表现出熏蒸活性。而图 5 的结果也表明, LC_{70} 的双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨幼螨、若螨、成螨处理 24 h 和 48 h 后,

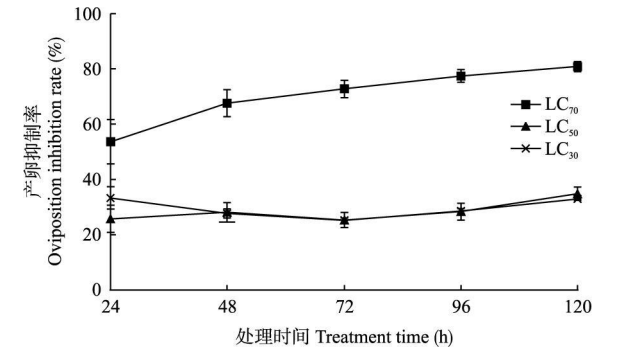


图 1 双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨雌成螨的产卵抑制作用
Fig 1 Oviposition inhibition activity of bisdemethoxycurcumin against Tetranychus cinnabarinus female adults
 LC_{70} : 0.883 mg · mL⁻¹; LC_{50} : 0.433 mg · mL⁻¹; LC_{30} : 0.212 mg · mL⁻¹. 下同 The same below

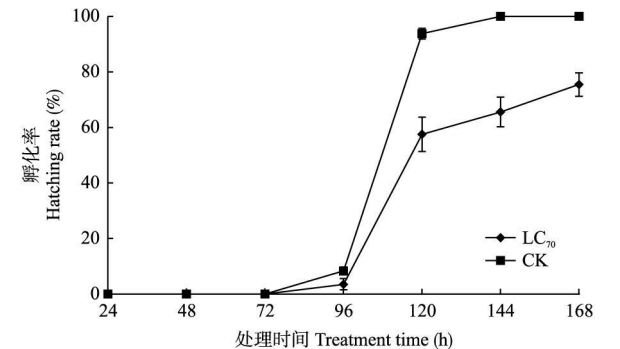


图 2 双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨的杀卵活性
Fig 2 Ovicidal activity of bisdemethoxycurcumin against Tetranychus cinnabarinus eggs

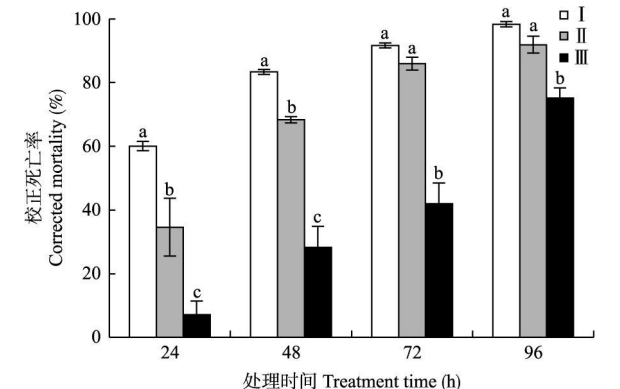


图 3 双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨幼螨、若螨和成螨的触杀活性
Fig 3 Contact activities of bisdemethoxycurcumin against Tetranychus cinnabarinus larvae, nymphs and adults
I: 幼螨 Larvae II: 若螨 Nymphs III: 成螨 Adult 下同 The same below

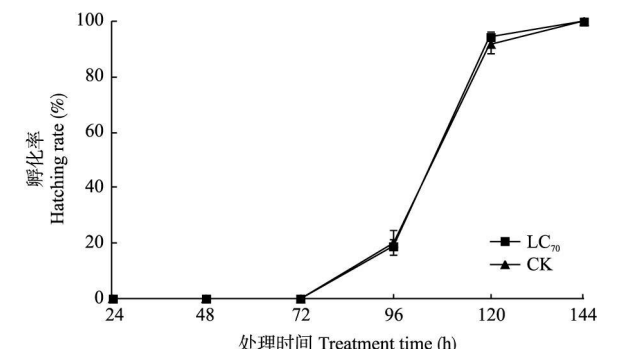


图 4 双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨卵的熏蒸活性
Fig 4 Fumigant activity of bisdemethoxycurcumin against Tetranychus cinnabarinus eggs

校正死亡率均小于 3%，说明此浓度下双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨这 3 种螨态的螨都不具有显著的重蒸活性。

2.6 双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨幼螨、若螨、成螨的驱避活性

采用 LC_{50} 的双去甲氧基姜黄素测定了其对朱砂叶螨幼螨、若螨、成螨的驱避活性。从图 6 可以看出， LC_{50} 的双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨幼螨、若螨和成螨具有很明显的驱避作用，除对成螨后 3 d 的驱避率为 II 级（分别为 49.8%、47.8%和 53.6%）以外，其余螨态的螨在处理后的 4 d 内的驱避率均为 IV 级及以上（ $\geq 60\%$ ）。其中，双去甲氧基姜黄素对幼螨的驱避活性最好，平均的驱避率达到 V 级（91.0%），其次是若螨为 IV 级（71.6%），对成螨的驱避活性最差，平均驱避率为 II 级（57.5%）。这表明在双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨的作用方式中驱避作用是一种主要的方式，而且若螨和幼螨对该药

剂的驱避活性更为敏感。

3 讨 论

植物性杀虫（螨）剂往往不是简单的通过某种方式或某种机理产生作用，而是通过多种作用方式和机理来达到控制虫（螨）害的目的^[16-18]。如程东美等^[19]研究发现，闹羊花素-II对斜纹夜蛾（*Spodoptera litura*）的杀虫方式主要是拒食和胃毒作用，而触杀作用较弱；张丽丽等^[20]报道茵陈蒿（*Artemisia capillaries*）的乙醇提取物对赤拟谷盗（*Tribolium ferrugineum*）成虫的触杀作用和驱避作用较好。印楝对侧多食跗线螨（*Polypogon ramosus*）雌成螨的触杀活性和产卵抑制情况也有类似报道^[21-23]。可以看出，植物性杀虫（螨）剂能发挥多种作用机制，增强作用效果，并且使害虫难以产生抗药性。

本文研究发现，高浓度（0.883 mg·mL⁻¹）的双去甲氧基姜黄素比低浓度（0.433 mg·mL⁻¹和 0.212 mg·mL⁻¹）对朱砂叶螨雌成螨的产卵抑制活性强。同时，在叶碟浸渍法下测得 0.883 mg·mL⁻¹ 的双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨不同螨态均存在不同程度的触杀作用，其中对幼螨的触杀活性最高，其次是若螨，而对成螨的触杀活性和杀卵活性都较低；对朱砂叶螨 4 种螨态均未表现出熏蒸活性；但是对朱砂叶螨幼螨和若螨具有非常明显的驱避作用，其中对幼螨和若螨的驱避活性较高，处理后的驱避率均达到 85%以上。

研究杀虫（螨）剂对害虫（螨）的作用方式对于指导药剂的使用具有重要意义。如裴晖等^[23]研究表明，溴虫脲的作用方式以胃毒为主，兼有触杀和杀卵活性，没有明显的内吸活性，与触杀为主的杀虫剂相比，其速效性稍差，施药时期要尽量在低龄幼虫盛发期，同时由于其没有明显内吸活性，因此不太适宜用于通过内吸作用防治的害虫。

同时，针对一种或多种化合物对害虫（螨）不同虫（螨）态的致死情况国内外均有报道，这对害虫（螨）的防治具有指导意义。例如丁伟等^[24]研究了磷化氢（PH₃）熏蒸处理对嗜卷书虱（*Liposcelis bostrychophila*）不同虫态的致死作用，发现正常的熏蒸处理很难杀死嗜卷书虱的卵，这解释了为什么在粮仓中采用 PH₃ 熏蒸处理难以有效处理书虱的问题。罗^[25]研究了几种常用农药对茶角盲蝽（*Helopeltis theivora*）和山茶小爪螨（*Oligonychus coffeae*）卵的效果，指出对于杀虫剂抗性综合治理的一个有效策略就是在害虫（螨）的低龄期，尤其是卵期使用

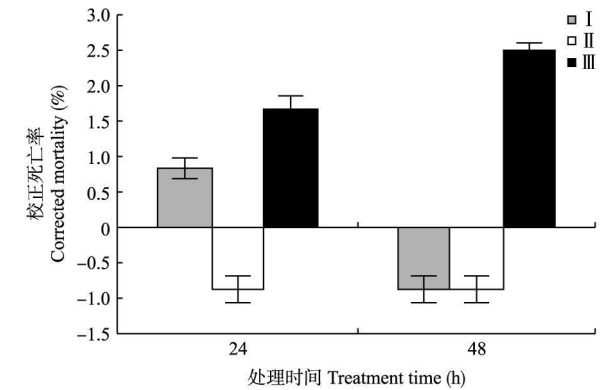


图 5 双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨幼螨、若螨、成螨的重蒸活性
Fig. 5 Fumigant activity of bisdemethoxycurcumin against Tetranychus cinnabarinus larvae, nymphs and adults

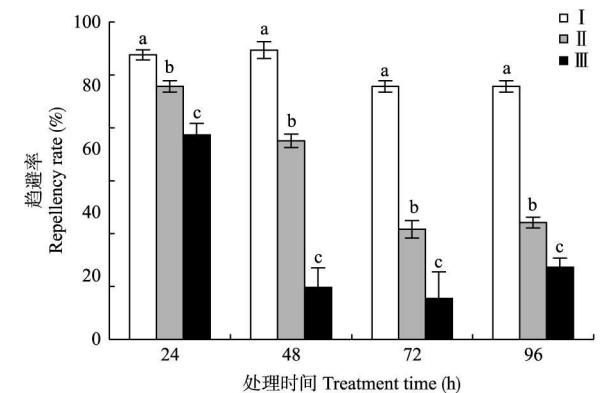


图 6 双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨幼螨、若螨、成螨的驱避活性
Fig. 6 Repellency activity of bisdemethoxycurcumin against Tetranychus cinnabarinus larvae, nymphs and adults

化学药剂。Wang等^[26]研究了所选的几种杀虫剂对温室白粉虱 (*Trialeurodes vaporariorum*) 未成熟期和成熟期的敏感性, 结果指出用药的精确时间应该是在最敏感的卵末期和若虫早期。岑伊静等^[27]研究了微甘菊乙醇提取物对桔全爪螨种群的控制作用, 发现在实验室和田间喷布微甘菊乙醇提取物都使桔全爪螨各螨态的存活率下降, 并能使雌螨的繁殖量显著下降, 寿命显著缩短, 对桔全爪螨的天敌较安全, 从而表明微甘菊次生化合物对病虫害的防治具有重要的应用前景。Boina等^[28]研究了保幼激素类似物吡丙醚对柑橘木虱 (*Diaphorina citri*) 卵的孵化、若虫的发育、成虫的羽化以及繁殖的影响, 结果发现在实验室条件下, 一定浓度的吡丙醚对柑橘木虱孵化不久的卵和低龄的若虫表现出显著的活性, 对成虫未表现致死作用, 但是显著地抑制了成虫的羽化, 并导致成虫的畸形, 从而显示吡丙醚是一种对柑橘木虱进行综合治理的良好药剂。

本研究证实双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨的主要作用方式是触杀、产卵抑制和驱避作用。其杀卵活性较低, 但对雌成螨的产卵抑制活性较高; 对成螨的触杀活性较低, 但对幼螨和若螨的触杀活性较好; 对幼螨、若螨和成螨的驱避活性均较强。随着处理时间的增加, 触杀活性逐渐增强, 驱避活性逐渐降低。这说明在用药初期双去甲氧基姜黄素主要发挥的是驱避作用, 而在后期则发挥触杀作用。因此, 在药剂的研发过程中, 我们应当注重延长药剂的持效性, 增加缓释性, 使其施用后, 能够在用药的前两天驱避朱砂叶螨的幼螨、若螨和成螨, 并且抑制雌成螨的产卵; 之后主要由药剂的触杀活性发挥作用, 再加上一定的驱避作用, 可以有效地控制螨的种群数量。吴千红等^[29]通过对朱砂叶螨的自然种群动态研究, 也证实朱砂叶螨的幼、若螨比成螨更易受外界生态因子的影响, 因此考虑喷雾施药的同时, 应注意在幼、若螨危害初期施药。本研究为双去甲氧基姜黄素开发成为植物性杀螨剂及在植食性害螨防治中的进一步应用提供了理论依据。

参考文献

- [1] Hazan A, Gerson U, Tahori AS. Spider mite webbing. I. The production of webbing under various environmental conditions. *Acarologia*, 1974, **16**: 68—84.
- [2] Liu B (刘波), Gui LY (桂连友). Research advances of *Tetranychus cinnabarinus* in China. *Journal of Yangtze University (Natural Science)* *Agricultural Science Volume* (长江大学学报·自然科学版·农学卷), 2007, **4**(3): 9—12 (in Chinese).
- [3] Ambikadevi D, Samarjit R. Chemical control of red spider mite *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) on okra. *Journal of Tropical Agriculture*, 1997, **35**: 38—40.
- [4] Mo TL, Liu TX. Biology, life table and predation of *Feltiella acarisuga* (Diptera: Cecidomyiidae) feeding on *Tetranychus cinnabarinus* eggs (Acarid: Tetranychidae). *Biological Control*, 2006, **39**: 418—426.
- [5] Serikaya E, Kaya K, Soylu S. Acaricidal activities of the essential oils from several medicinal plants against the carnine spider mite (*Tetranychus cinnabarinus* Boisduval) (Acarina: Tetranychidae). *Industrial Crops and Products*, 2010, **31**: 107—112.
- [6] Zou H-B (邹怀波), Ding W (丁伟), Zhang Y-Q (张永强). Research progress on the insecticidal and fungicidal activities of *Curcuma longa* L. extracts. *Guangxi Agricultural Sciences* (广西农业科学), 2006, **37**(1): 56—58 (in Chinese).
- [7] Zhang Y-Q (张永强), Ding W (丁伟), Zhao Z-M (赵志模). Biological activities of curcuminoids against *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval (Acarid: Tetranychidae). *Acta Entomologica Sinica* (昆虫学报), 2007, **50**(12): 1304—1308 (in Chinese).
- [8] FAO. Recommended methods for measurement of pest resistance to pesticides// FAO Plant Production and Protection Paper 21. Rome, 1980: 49—54.
- [9] Xu D (徐迪), Zhong Y-Y (钟耀垣), Zeng L (曾玲), et al. Repellency effects of secondary compounds of *Ajuga nipponensis* Makino against citrus red mite *Panonychus citri* (McGregor). *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2008, **28**(8): 3839—3847 (in Chinese).
- [10] Huang S-Q (黄素青), Xu H-H (徐汉虹), Zeng D-Q (曾东强), et al. Bioassay methods for agricultural field mites. *Plant Protection* (植物保护), 2005, **30**(1): 79—81 (in Chinese).
- [11] Chen L-L (陈丽丽), Xiao X-Q (肖湘黔), Zeng D-Q (曾东强). Bioassay methods of mite. *Jiangxi Plant Protection* (江西植保), 2005, **28**(2): 70—72 (in Chinese).
- [12] Xue Y-G (薛银根). Introducing a new method for determination of an agricultural mite resistance. *Plant Protection* (植物保护), 1994, **20**(5): 36 (in Chinese).
- [13] Fang C-J (方才君), Hu S-L (胡仕林). Toxicity evaluation of essential oils on *Tetranychus cinnabarinus*. *Journal of Southwest China Normal University (Natural Science)* (西南师范大学学报·自然科学版), 1997, **22**(4): 470—472 (in Chinese).
- [14] Zhao SH (赵善欢). Chemical Protection of Plants. 3rd Ed. Beijing: China Agriculture Press, 2001 (in Chinese).

- [15] Cen Y-J (岑伊静), Pang X-F (庞雄飞), Ling B (凌冰), et al. Study on the active components of oviposition repellency of *Mkanjamirantha* H B K against citrus red mite *Panonychus citri* McGregg. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2004, **24** (11): 2542—2547 (in Chinese)
- [16] Tu X-Y (涂晓云), Liao M-Y (廖满英). Botanical Pesticides and Plant Protection. *Jiangxi Plant Protection* (江西植保), 2002, **25** (2): 61—62, 51 (in Chinese)
- [17] Dong Y-X (董育新), Wu W-J (吴文君). Progress in toxicology of plant pesticides. *Entomological Knowledge* (昆虫知识), 1997, **34** (2): 112—117 (in Chinese)
- [18] Knowles CQ, Ahmad S. Mode of action studies with formetanate and formetanate acaricides. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 1971, **1**: 445—452
- [19] Cheng D-M (程东美), Zhang Z-X (张志祥), Hu M-Y (胡美英). Mode of action of Rhodojaponin III on the larvae of *Spodoptera litura* F and its effect on amount glucose of body fluid. *Journal of Hua Zhong Agricultural University* (华中农业大学学报), 2007, **26** (3): 306—309 (in Chinese)
- [20] Zhang L-L (张丽丽), Yang C-J (杨长举). Action manner and repellent effect of three solvents extracts of *Artemisia capillaries* on *Tribolium ferrugineum* Fabricius. *Grain Storage* (粮食储藏), 2005 (2): 6—9 (in Chinese)
- [21] Venzon M, Rosado MC, Molina-Rugama AJ, et al. Acaricidal efficacy of neem against *Polyphagaronemus laus* (Banks) (Acar: Tersonemidae). *Crop Protection*, 2008, **27**: 869—872
- [22] Tsoukakis H, Ragusa S. Effects of a mixture of vegetable and essential oils and fatty acid potassium salts on *Tetranychus urticae* and *Phytoseiulus persimilis*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2008, **70**: 276—282
- [23] Pei H (裴晖), Ou X-M (欧晓明), Wang Y-J (王永江), et al. Toxicity and mode of action of chlorfenapyr against insects. *Modern Agrochemicals* (现代农药), 2006, **5** (1): 33—35 (in Chinese)
- [24] Ding W (丁伟), Tao H-Y (陶卉英), Zhang Y-Q (张永强), et al. Lethal effect of phosphine on different stages of *Leptocelis bostrychophila* Badonnel (Psocoptera: Liposcelididae). *Chinese Journal of Pesticide Science* (农药学学报), 2003, **5** (3): 24—30 (in Chinese)
- [25] Roy S, Mukhopadhyay A, Gurusubramanian G. Relative susceptibility of tea mosquito bug *Heppellius theivara* Watehouse and red spider mite *Oligonychus coffeae* Nietner eggs to commonly used pesticides. *Journal of Plant Protection Research*, 2010, **50**: 244—249
- [26] Wang K-Y, Kong X-B, Jiang X-Y, et al. Susceptibility of immature and adult stages of *Triaurodes vaporariorum* (Hem., Aleyrodidae) to selected insecticides. *Journal of Applied Entomology*, 2003, **127**: 527—533
- [27] Cen Y-J (岑伊静), Pang X-F (庞雄飞), Xu C-B (徐长宝), et al. Control effects of *Mkanjamirantha* alcohol extract on citrus red mite *Panonychus citri*. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2005, **16** (4): 754—757 (in Chinese)
- [28] Boina DR, Rogers ME, Wang N, et al. Effect of pyriproxyfen, a juvenile hormone mimic, on egg hatch, nymph development, adult emergence and reproduction of the Asian citrus psyllid *Dialeurhina citri* Kuwayama. *Pest Management Science*, 2009, **66**: 349—357
- [29] Wu Q-H (吴千红), Yang G-P (杨国平), Jing Z-Q (经佐琴), et al. Dynamics of *Tetranychus cinnabarinus* natural population. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 1995, **6** (3): 255—258 (in Chinese)

作者简介 雍小菊, 女, 1986年生, 硕士研究生. 主要从事植物源杀螨剂研究. E-mail: yongxiaojie@126.com

责任编辑 肖红