DOI:10.13292/j.1000-4890.2013.0087

生态学杂志 Chinese Journal of Ecology 2013,32(3):621 -626

商陆根超声波萃取物对朱砂叶螨的生物活性*

丁丽娟 丁 伟** 张永强
(西南大学植物保护学院,重庆 400716)

摘 要 比较了商陆(*Phytolacca americana*)根丙酮提取物的正丁醇和乙酸乙酯2种溶剂超声波萃取液及其残留物对朱砂叶螨(*Tetranychus cinnabarinus*)的生物活性。结果表明,商陆根正丁醇萃取液的活性最好,以浓度为2.5 mg·mL^{-1}处理朱砂叶螨雌成螨24和48 h的校正死亡率分别为74%和97%;处理48 h的LC_{50}为1.787 mg·mL^{-1},LC_{90}为7.272 mg·mL^{-1};浓度为1、2和4 mg·mL^{-1}的正丁醇萃取液对雌成螨24 h的驱避率分别为62%、82%和84%;同时对雌成螨48 h的产卵抑制率分别为39%、81%和93%。进一步对商陆根正丁醇萃取液柱层析分离和TLC鉴定获得14个组分,其中以组分11的杀螨效果最好,浓度为2 mg·mL^{-1}时,处理48 h,对朱砂叶螨雌成螨的校正死亡率达到了98%,LC_{50}为0.932 mg·mL^{-1},LC_{90}为3.110 mg·mL^{-1}。

关键词 商陆;朱砂叶螨;超声波提取物;生物活性;分离
中图分类号 S482.5 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2013)3-0621-06

Acaricidal activity of different ultrasonic wave extracts from *Phytolacca americana* roots against *Tetranychus cinnabarinus*. DING Li-juan, DING Wei**, ZHANG Yong-qiang (*College of Plant Protection, Southwest University, Chongqing* 400716, *China*). *Chinese Journal of Ecology*, 2013, **32**(3): 621-626.

Abstract: Two ultrasonic wave extracts (n-butarol and ethyl acetate as solvents) of *Phytolacca americana* acetone extract and residues after extracting were investigated for acaricidal activities against *Tetranychus cinnabarinus*. Results showed that the n-butarol extract exhibited the highest acaricidal activity among all treatments. The corrected mortalities of n-butarol extract were 74% and 97% after 24 h and 48 h of treatment at 2.5 mg·mL^{-1}, and its LC_{50} and LC_{90} were 1.787 and 7.272 mg·mL^{-1} for 48 h, respectively. Meanwhile, the repellent rates were 62%, 82% and 84% against the mite for 24 h and oviposition inhibition rates (48 h) were 39%, 81% and 93%, at concentrations of 4, 2 and 1 mg·mL^{-1}, respectively. The n-butarol extract was further separated by the silica gel column and monitored by thin-layer chromatography (TLC) with UV detection, and 14 fractions were obtained. The 11th fraction showed highest acaricidal activity with a corrected mortality of 98% at the concentration of 2 mg·mL^{-1} and its LC_{50} and LC_{90} were 0.932 and 3.110 mg·mL^{-1}, respectively after 48 h of treatment.

Key words: *Phytolacca americana*; *Tetranychus cinnabarinus*; ultrasonic wave extracts; acaricidal activity; separate.

朱砂叶螨(*Tetranychus cinnabarinus*)是一种世界范围内的重要经济害螨,在我国广泛分布。因其个体小、繁殖力强、世代周期短、种群密度大、近亲交配率高、对常规化学杀螨剂易产生抗性等特点,严重影响了农作物及经济作物的产量和品质(何林等,2005);加之化学农药的广泛使用和不规范利用,致使朱砂叶螨在多种作物上猖獗发生而造成重大的经济损失(Luczynski *et al.*,1990; Paterson *et al.*,1994; Soneveld *et al.*,1996),因此,寻找化学农药的合理替代品控制朱砂叶螨的危害成为目前农药研究领域的重要任务之一。因植物源农药对环境污染小,对有益生物较安全,且可能具有降低害螨迅速产生农药抗性等特点,使得植物源农药的研发和应用

* 国家自然科学基金项目(31272058)和教育部博士点新教师基金项目(20100182120021)资助。
** 通讯作者 E-mail: dwing818@yahoo.com.cn
收稿日期: 2012-07-21 接受日期: 2012-10-30

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

受到了广泛的关注(Sachiko *et al.*,1999; Wang *et al.*,2007)。

美洲商陆(*Phytolacca americana*)为一种传统的中药植物,在我国的分布较为广泛。近十几年来国内外医药界对其进行了大量的研究,证明其提取物具有抗菌消炎、抑制肿瘤等作用(贾金萍等,2003)。关于其农用生物活性方面也有较多的报道,对各类病菌,如柑橘绿霉病菌(*Penicilliam digitatum*)、小麦纹枯病菌(*Rhizotonia cerealis*)、巨大芽孢杆菌(*Bacillus megaterium*)及副溶血弧菌(*Vibrio parahaemolyticus*)均有效(杨帮等,2005; 赵国栋等,2010);对各类农业害虫,如玉米象(*Sitophilus zeamais*)、赤拟谷盗(*Tribolium castaneum*)、稠李巢蛾(*Yponomeutidae evonymellus*)等也具有良好的生物活性(蒋妮等,2006; 何雅蔷等,2007);另外对农作物的病毒也具有显著的效果(Chen *et al.*,1991; 付鸣佳等,2001; 马萧等,2005)。但对朱砂叶螨是否具有生物活性,还未见报道。本文由此出发,对美洲商陆根不同溶剂的超声波萃取液及其残留物进行了杀螨活性评价,并对活性较高的提取物进行柱层析分离,最终确定最佳活性物质为一种极性较大的成分,这为后续研究商陆的杀螨活性提供了理论基础。

1 材料与方法

1.1 植物材料

美洲商陆根购于重庆中药材市场。

将美洲商陆的根洗净,置于40 ℃下烘干、粉碎、过筛,所得粉状物放入4 ℃以下低温保存待用。

1.2 供试虫源

朱砂叶螨,最初采自重庆市北碚区田间的豇豆苗上,在人工气候室内25±1 ℃、湿度为60% ~80%的条件下用盆栽豇豆苗饲养了多年所获得的敏感品系。

1.3 提取与分离方法

1.3.1 美洲商陆根不同溶剂萃取物的提取 将商陆根洗净切成片,置于40 ℃烘箱烘干,小型粉碎机粉碎,过80目筛。称取1000 g的商陆根干燥粉末,采用室温浸提法,以料液比1∶5用丙酮提取72 h,滤渣继续浸泡3 d,重复提取3次,合并提取液,减压浓缩至稠膏状,再用乙酸乙酯和正丁醇分别对商陆根的丙酮提取物进行超声波萃取,在料液比1∶10的条件下超声萃取10 min后,过滤,继续用等量的萃取液萃取残渣10 min,如此重复3次,合并萃取液,将各萃取液减压浓缩至膏状,称重;同时,收集各萃取液残渣,挥干,称重。最终获得乙酸乙酯萃取液、乙酸乙酯残留物、正丁醇萃取液和正丁醇残留物4种物质,称重,计算提取率,保存于4 ℃冰箱内备用。

1.3.2 活性成分的分离 采用常压柱层析法。将一定量的柱层析硅胶置于温度为120 ℃的电热恒温鼓风干燥箱内活化30 min。用石油醚(60 ~90 ℃)浸泡已活化好的柱层析硅胶,并将其搅成糊状,将糊状硅胶缓慢倒入柱中,保持下端石油醚流速约为每秒1滴,注意保持石油醚的高度应高于硅胶。当硅胶装入量为柱的3/4时,在硅胶上层加入0.5 cm厚的石英砂,然后取商陆根最佳萃取物样品2 g,用少量丙酮溶解,加适量已活化的硅胶吸附,待丙酮挥发后,将这些吸有样品的硅胶加在层析柱内的石英砂上。在薄层层析的基础上确定合适的洗脱剂进行洗脱,以石油醚、乙酸乙酯和甲醇作为洗脱液,按极性由小到大依次洗脱。每组分收集100 mL,收集的组分旋转蒸发减压浓缩至膏状。

对收集液进行薄层层析检测,展开剂为石油醚∶乙酸乙酯(v/v=1∶5),经薄层层析(TLC)初步检验,合并相同流分并减压浓缩,将合并后的组分对朱砂叶螨成螨进行触杀活性测定,确定最佳活性物质所在的组分。

1.4 生物测定方法

1.4.1 对雌成螨触杀活性测定 参照FAO推荐的测定螨类抗药性的标准方法—玻片浸渍法(FAO,1998)并加以改进。将载玻片一端贴上双面胶带,供试雌成螨背朝下,足朝天粘在玻片双面胶带上,每张玻片30 ~40头,于温度(26±1) ℃、湿度为60% ~80%的环境下放置4 h,用双目解剖镜检查,剔除死亡和不活泼的个体,记载活螨数。取适量乙酸乙酯和正丁醇萃取液及其残留物的浸膏,分别加入少量分析纯丙酮和1%吐温-80(v/v),完全溶解后再用清水稀释成浓度为2.5 mg·mL^{-1}的药液,每个药液重复3次。将带螨的玻片一端浸入事先配好的药液中,5 s后取出,迅速用吸水纸吸干螨体及其周围多余的药液,每24 h检查一次结果,连续检查3 d,试验重复3次。用毛笔轻触螨体,以螨足不动者为死亡。试验重复3次,以清水中加入1%的吐温-80(v/v)为对照。正丁醇萃取液浸膏按预试梯度配置成5个浓度,每个浓度重复3次,计算致死中浓度(LC_{50})和致死率达到90%时的处理浓度(LC_{90})。该试验重复3次。

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

$$校正死亡率=\frac{处理组死亡率-对照组死亡率}{1-对照组死亡率}\times 100\%$$

1.4.2 对雌成螨产卵抑制活性测定 采用全叶法(雍小菊等,2011)。选取直径为 7.0 cm 高为 0.9 cm 带盖的塑料培养皿,在培养皿内铺一层薄薄的脱脂棉,加水直至饱和而不滴水,在脱脂棉上放一张滤纸,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,叶面紧贴滤纸,在叶片边缘围一圈棉条防止螨逃逸。将正丁醇萃取液浸膏分别配置成 4、2 和 1 mg·mL^{-1} 3 个浓度,用 0 号毛笔蘸取适量药液涂在叶背面,以清水中加入 1% 的吐温 - 80 (v/v) 为对照。待药液晾干后,每培养皿内的叶碟上接 10 头雌成螨和 10 头雄成螨。每个处理 3 次重复,每 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。计算产卵抑制率。

$$产卵抑制率=\frac{对照组产卵量-处理品组卵量}{对照组产卵量}\times 100\%$$

1.4.3 对雌成螨驱避活性测定 采用半叶法(岑伊静等,2004)。选取新鲜的豇豆苗叶放入培养皿内,叶碟制作法同 1.4.2。以叶片中脉为界,叶背表面的一半用 0 号毛笔小心涂上处理药液 4、2 和 1 mg·mL^{-1},叶的另一半涂上 1% 的吐温 - 80 (v/v) 作为对照。待药液干后,用毛笔将雌成螨挑于叶片中间主脉位置,每张叶片分别接 40 头雌成螨。每个处理重复 3 次,每隔 12 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 3 d。试验完毕,计算驱避率。

$$驱避率=\frac{对照区螨数-处理区螨数}{对照区螨数}\times 100\%$$

分级标准: 0 级 = 无驱避作用; Ⅰ级 = 0 ~ 20%, Ⅱ级 = 20% ~ 40%, Ⅲ级 = 40% ~ 60%, Ⅳ级 = 60% ~ 80%, Ⅴ级 = 80% ~ 100%。

1.4.4 柱层析分离组分对朱砂叶螨的活性测定 以微量进样器点滴法进行测定(Zhang *et al.*,2008)。称取适量不同组分提取物,将其配制成浓度为 2 mg·mL^{-1}的供试药液(配制方法同 1.6.1)。将双面胶贴在载玻片的一端,用镊子揭去胶带上的纸片,再用零号毛笔挑选事先准备好的,健康活泼,整齐一致的雌成螨。将其背部粘在双面胶带上,每片两行,每行 15 ~ 20 只。在温度 26 ± 1 ℃、湿度为 60% ~ 80% 的环境下放置 4 h,用双目镜观察,剔除死亡或不活泼的个体,记载活螨数。用微量进样器(10 μL)吸取一定量的药液,在双目镜下,将药液滴到螨体上,迅速用吸水纸吸干螨体及其周围多余的药液,同饲养条件下放置 3 d,每 24 h 检查一次结果,用毛笔轻触螨体,以螨足不动者为死亡,以点滴清水加相应量的丙酮溶液为对照,试验重复 3 次。

1.5 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 新复极差法进行方差分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 最佳萃取物的确定

从表 1 可知,各萃取物的萃取率无显著差异。通过比较各萃取液及其残留物对朱砂叶螨雌成螨的生物活性可以看出,正丁醇萃取液的活性较好,处理 24 和 48 h 对朱砂叶螨雌成螨的触杀活性分别为 73.51% 和 97.43%,明显高于其他萃取液和残留物的活性。

将正丁醇萃取液稀释成 5 个梯度浓度对朱砂叶螨雌成螨进行生物活性测定,求出毒力回归方程及致死中浓度(LC_{50})和致死率达到 90% 时的处理浓度(LC_{90}),结果见表 2。正丁醇萃取液对朱砂叶螨雌成螨 48 h 的 LC_{50} 为 1.787 mg·mL^{-1}, LC_{90} 为 7.272 mg·mL^{-1}。根据毒力回归方程可以得出,随着药剂处理浓度的增大,商陆根正丁醇萃取液的杀螨活性越好,且含有较好的生物活性成分。

表 1 商陆根各萃取液及其残留物的提取率对朱砂叶螨雌成螨的校正死亡率(2.5 mg·mL^{-1})

Table 1 Yield and corrected mortalities of different extracts and their remaining parts from *Phytolacca americana* roots against female adults of *Tetranychus cinnabarinus* (2.5 mg·mL^{-1})

溶剂	组分	提取物状态	萃取率(%)	24 h 校正死亡率(%)	48 h 校正死亡率(%)
乙酸乙酯	乙酸乙酯萃取液	红褐色膏状	29.49 a	55.47 ± 3.09 b	91.05 ± 1.77 ab
	乙酸乙酯残留物	褐色膏状	33.11 a	51.66 ± 0.47 b	87.81 ± 1.99 b
正丁醇	正丁醇萃取液	黄褐色膏状	46.06 a	73.51 ± 2.47 a	97.43 ± 1.46 a
	正丁醇残留物	褐色膏状	34.18 a	31.03 ± 4.80 c	83.56 ± 4.04 b

校正死亡率为平均值 ± 标准误; 同列不同字母为差异显著($P<0.05$)。

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表2 正丁醇萃取液对朱砂叶螨雌成螨的触杀毒力(48 h)
Table 2 Contact toxicity of the n-butarol extract against female adults of *Tetranychus cinnabarinus* (48 h)

毒力回归方程	LC_{50} (95%置信区间) (mg·mL^{-1})	LC_{90} (95%置信区间) (mg·mL^{-1})	卡方 χ^2
$Y=-0.5304+2.1028x$	1.787 (1.546~2.065)	7.272 (5.809~9.685)	4.876

试验重复3次。LC_{50}为致死中浓度; LC_{90}为死亡率达到90%时的处理浓度。

2.2 正丁醇萃取液对朱砂叶螨雌成螨的驱避活性

从图1可以看出,随着处理时间的增加,正丁醇萃取物对朱砂叶螨雌成螨的驱避活性逐渐降低。在处理12和24 h时,各浓度处理组的驱避活性都在60%以上。浓度为2 mg·mL^{-1}的处理组在处理12和24 h的驱避率分别高达88.62%和82.27%;浓度为1 mg·mL^{-1}的处理组在处理12和24 h的驱避率也达到了78.22%和62.35%,均达到了Ⅳ级及以上。处理36和48 h,各浓度(4、2、1 mg·mL^{-1})的驱避活性也均在Ⅲ级以上(≥40%)。处理60 h,各浓度对朱砂叶螨雌成螨的驱避活性都有较大的下降,最低降至17.90%(2 mg·mL^{-1},处理72 h)。由此可以看出,商陆根正丁醇萃取液在同一处理浓度时,对朱砂叶螨雌成螨的驱避作用在不同处理时间下具有显著性差异,也具有明显的速效性,但持效期较短。且处理浓度越高,驱避活性越好。

2.3 正丁醇萃取液对朱砂叶螨雌成螨的产卵抑制活性

由图2可以看出,各处理浓度对朱砂叶螨的产卵抑制活性表现为先上升后下降的趋势,具有明显的时间相关性。处理72 h时,产卵抑制活性均达最高值。各浓度处理72 h的产卵抑制率均维持在70%以上,最高可达93.35%(4 mg·mL^{-1})。2、4 mg·mL^{-1}处理组在48 h的产卵抑制率较好,均在

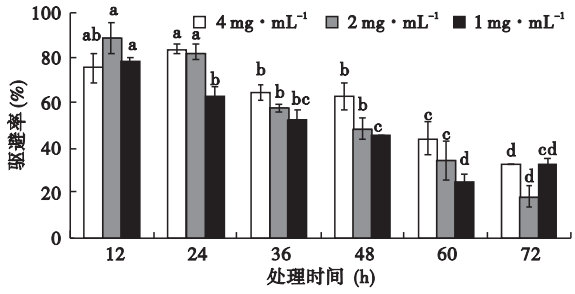

图1 正丁醇萃取液对朱砂叶螨雌成螨的驱避作用
Fig. 1 Repellent activity of n-butarol extract from *Phytolacca americana* root against female adults of *Tetranychus cinnabarinus*
不同小写字母表示同一处理浓度不同处理时间之间驱避活性差异显著($P<0.05$)。下同。

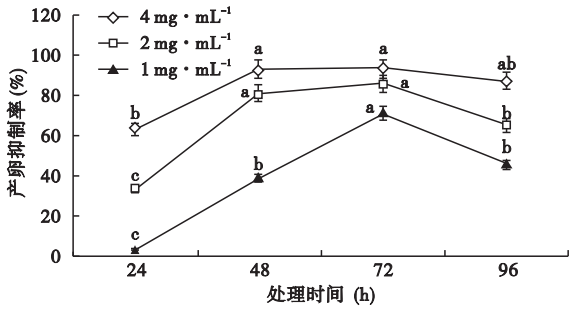

图2 正丁醇萃取液对朱砂叶螨雌成螨的产卵抑制活性
Fig. 2 Oviposition inhibition activity of n-butarol extract from *Phytolacca americana* root against female adults of *Tetranychus cinnabarinus*

65%以上,而1 mg·mL^{-1}浓度处理组的产卵抑制率相对较差,除了处理72 h的产卵抑制率达到了71.05%,其他不同处理时间的产卵抑制率均低于50%。由此可见,同一处理浓度随着处理时间的不同其产卵抑制活性存在着明显的差异,且随着处理组浓度的降低,对朱砂叶螨的产卵抑制率也逐渐减小,表现出显著的时间-剂量-效应关系。

2.4 最佳组分的确定

用石油醚、乙酸乙酯和甲醇作为洗脱剂,对商陆根的正丁醇萃取液进行柱层析分离,最终获得了33个组分,经过薄层层析(TLC)检测合并后,获得了14个组分,将这14个组分减压浓缩后对朱砂叶螨雌成螨进行生物活性测定,结果见表3。浓度为2 mg·mL^{-1}时,48 h死亡率达到85%以上的组分为11、13和14,其中以组分11的活性最好,48 h校正

表3 正丁醇萃取液柱层析各组分的提取率和对朱砂叶螨雌成螨的触杀活性(48 h)
Table 3 Yield and contact activity of all fractions against female adults of *Tetranychus cinnabarinus* (48 h)

组分	提取率(%)	校正死亡率(%)
1(3)	8.17 c	83.32±3.07 ab
2(4)	1.76 e	59.57±4.22 c
3(5)	1.66 e	82.25±0.95 ab
4(6)	1.75 e	75.78±0.41 bc
5(7~9)	5.46 d	78.28±1.31 b
6(10~11)	1.23 e	74.68±1.53 bc
7(12~13)	1.42 e	79.09±2.90 b
8(14~16)	2.44 de	74.92±4.07 bc
9(17~19)	0.66 f	79.73±2.77 b
10(20~21)	0.14 f	73.83±3.84 bc
11(22~23)	15.02 b	98.41±1.59 a
12(24)	9.88 c	80.79±1.20 b
13(25~27)	25.66 a	85.07±2.56 ab
14(28~33)	8.12 c	87.99±3.00 ab

每种试剂质量浓度均为2 mg·mL^{-1},3次重复。校正死亡率为平均值±标准误;同列不同字母为差异显著($P<0.05$)。

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 4 组分 11 对朱砂叶螨雌成螨的触杀毒力(48 h)
Table 4 Contact toxicity of the 11th fraction against female adults of *Tetranychus cinnabarinus* (48 h)

毒力回归方程	LC_{50} (95% 置信区间) (mg·mL^{-1})	LC_{90} (95% 置信区间) (mg·mL^{-1})	卡方 χ^2
$Y=0.0746+2.4492x$	0.932 (0.511~2.233)	3.110 (1.542~46.010)	3.2845

试验重复 3 次。LC_{50}为致死中浓度; LC_{90}为死亡达到 90% 时的处理浓度。

死亡率达到了 98.41%,触杀效果明显高于其他组分。比较不同组分提取率,其中组分 13 的提取率最高,组分 11 次之,且组分 11 是在分离后期流出的,因此可以确定,商陆根的正丁醇萃取物中,杀螨活性较好的物质是极性较大的成分。

进一步对组分 11 进行毒力回归测定,处理朱砂叶螨 48 h 后,LC_{50}为 0.932 mg·mL^{-1},LC_{90}为 3.110 mg·mL^{-1}(表 4);与表 2 中正丁醇萃取液的毒力相比,其杀螨活性提高了约 2 倍。

3 讨 论

本试验中,通过对商陆根不同溶剂萃取液及其残渣杀螨活性筛选,确定了正丁醇萃取液对朱砂叶螨雌成螨的活性最好,为进一步开发植物源杀螨剂奠定了基础。任建军等(2009)通过液-液萃取法对薄荷地上部分的不同溶剂萃取物进行了杀螨活性比较,确定了杀螨活性物质主要集中在极性较弱的石油醚中。韩建勇等(2004)研究发现,白花丹根石油醚萃取物对柑桔全爪螨(*Panonychus citri*)的活性最佳。可以看出,根据相似相溶原理,不同极性溶剂提取的植物成分存在着较大的活性差异。

植物源农药通常具有多种作用方式,除了触杀、胃毒和内吸主要作用方式外,还具有拒食、驱避和产卵抑制或干扰昆虫的生长发育等特异作用(吴文君和高希武,2004)。在筛选具有杀螨活性的植物时,如果仅以毒杀作用作为评价标准,那么将会舍弃掉很大一部分具有发展潜力的活性植物。本研究中,除了测定商陆根萃取物对朱砂叶螨的触杀活性,还做了驱避及产卵抑制活性。王燕等(2009)研究牵牛子的杀螨活性时,就以驱避和产卵抑制活性作为参考依据,证实了其对朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* 的生物活性。雍小菊等(2011,2012)研究植物源杀螨活性物质双去甲氧基姜黄素(bisdemethoxycurcumin)和东莨菪内酯(scopoletin)对朱砂叶螨的触杀、驱避和产卵抑制活性。Kumral 等(2010)也通过驱避和产卵抑制活性,证实了曼陀罗(*Datura stramonium*)叶和种子的乙醇提取物对二斑叶螨(*Tetranychus urticae*)的生物活性。

在杀螨活性筛选的基础上,确定商陆根正丁醇萃取液对朱砂叶螨生物活性最好,对其进行进一步的柱层析分离,追踪杀螨活性有效成分,在柱层析分离后期流出的组分 11,表现出优异的杀螨活性,并且显示出该有效成分为极性较大的物质。研究证实,商陆的药用活性成分为皂甙类化合物、商陆多糖、商陆抗病毒蛋白等(贾金萍等,2003),其杀螨活性成分是否为这些物质或者为其他的次生代谢物质,还有待进一步鉴定。另外,组分 11 的提取率也较高,为进一步研究开发商陆源杀螨剂提高了有利的条件。再者,商陆属植物在我国分布广泛,价廉易得,是我国中医传统药用植物,其用药多数以根为主,疗效显著。从经济角度看,市面上商陆根的平均价格为 18 元·kg^{-1},大量购买商陆的成本相对较低;从植物本身性质上看,商陆为多年生草本植物,在中国分布广泛且易栽种,春、秋或冬季均可采收,故而原料的采集不受季节限制,来源较为易得;从安全性来看,植物源农药来源于植物,具备在自然界顺畅的代谢途径、环境污染小、对高等动物安全、对非靶标生物安全等优点,而中药植物商陆正具备了植物源农药的这些特性;从研究的创新价值上看,目前关于商陆的杀虫抑菌等活性已有报道,但关于其对朱砂叶螨杀螨活性的研究还较少。因此,开发商陆在农业上的生物活性,将大大拓展商陆的发展空间,为天然产物农药的研究提供新思路。

参考文献

岑伊静, 庞雄飞, 凌 冰, 等. 2004. 薇甘菊提取物对桔全爪螨的产卵驱避作用及有效组分分析. 生态学报, **24**(11): 2542-2547.

付鸣佳, 吴祖建, 林奇英. 2001. 美洲商陆抗病毒蛋白研究进展. 生物技术通讯, **13**(1): 66-71.

韩建勇, 曾鑫年, 杜利香. 2004. 白花丹根提取物的杀蜻活性. 植物保护学报, **31**(1): 85-90.

何 林, 赵志模, 曹小芳, 等. 2005. 温度对抗性朱砂叶螨发育和繁殖的影响. 昆虫学报, **48**(2): 203-207.

何雅蔷, 鲁玉杰, 仲建锋, 等. 2007. 美洲商陆粗提物对赤拟谷盗和玉米象的作用效果研究. 河南工业大学学报(自然科学版), **28**(2): 19-22.

蒋 妮, 缪剑华, 谢保令. 2006. 商陆等 6 种药用植物粗提物对扶芳藤稠李巢蛾的杀虫活性. 中国农学通报, **22**(10): 297-299.

贾金萍, 秦雪梅, 李青山. 2003. 商陆化学成分和药理作用的研究进展. 山西医科大学学报, **34**(1): 89-91.

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

马 萧，祝水金，丁 伟，等. 2005. 美洲商陆粗提物对烟草花叶病毒的控制作用. 西南农业学报，18(2)：168－171.

任建军，师光禄，王建文，等. 2009. 薄荷中杀螨活性物质的分离与鉴定. 林业科学. 45(6)：77－82.

王 燕，师光禄，吴振宇，等. 2009. 牵牛子提取物对朱砂叶螨的生物活性. 林业科学，45(3)：79－84.

吴文君，高希武. 2004. 生物农药及其应用. 北京：化学工业出版社.

杨 帮，丁 伟，赵志模，等. 2005. 美洲商陆和姜黄提取物抑菌活性的研究. 西南农业大学学报(自然科学版)，27(3)：297－300.

雍小菊，丁 伟，张永强，等. 2011. 双去甲氧基姜黄素对朱砂叶螨的生物活性及作用方式. 应用生态学报，22(6)：1592－1598.

雍小菊，张永强，丁 伟. 2012. 东莨菪内酯对朱砂叶螨的驱避和产卵抑制活性. 应用昆虫学报，49(2)：422－427.

赵国栋，王立宽，段 静，等. 2010. 商陆不同剂型、根和茎提取物的抑菌性能分析. 基因组学与应用生物学，29(4)：717－720.

Chen ZC, White RF, Antoniw JF, *et al*. 1991. Effect of pokeweed antiviral protein (PAP) on the infection of plant virus. *Plant Pathology*, **40**: 612－620.

FAO. 1980. Plant Production and Protection 21, Recommended Methods for Measurement of Resistance to Pesticides. Israel: FAO: 49－54.

Kural NA, Çobanoglu S, Yalcin C, 2010. Acaricidal, repellent and oviposition deterrent activities of *Datura stramonium* L. against adult *Tetranychus urticae* (Koch). *Journal of Pest Science*, **83**: 173－180.

Luczynski A, Isman MB, Raworth DA, *et al*. 1990. Chemical and morphological factors of resistance against the two spotted spider mite in beach strawberry. *Journal of Economic Entomology*, **83**: 564－569.

Paterson CG, Archbold DD, Rodriguez JG, *et al*. 1994. Day-length and resistance of strawberry foliage to the two spotted spider mite. *HortScience*, **29**: 1329－1331.

Sachiko K, Youko K, Hamitsu K, *et al*. 1999. AKD-2023: A novel miticide: Biological activity and mode of action. *Pesticide Science*, **55**: 659－660.

Soneveld T, Wainwright H, Labusehagne L. 1996. Development of two spotted spider mite (Acari: Tetranyhidae) populations on strawberry and raspberry cultivars. *Annals of Applied Biology*, **129**: 405－413.

Wang YN, Shi GL, Zhao LL, *et al*. 2007. Acaridical activity of *Juglans regia* leaf extracts on *Teranychus viennensis* and *Tetranychus cinnabarinus* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Economic Entomology*, **100**: 1298－1303.

Zhang YQ, Ding W, Zhao ZM, *et al*. 2008. Studies on acaricidal bioactivities of *Artemisia annua* L. extracts against *Tetranychus cinnabarinus* Bois. (Acari: Tetranychidae). *Agricultural Sciences in China*, **7**: 577－584.

作者简介 丁丽娟，女，1987年生，硕士研究生。从事植物源杀螨剂研究。E-mail: happygirl010@163.com

责任编辑 魏中青

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net