

10 种中草药提取物对棉铃虫、绿盲蝽触杀活性研究

丛胜波¹, 万鹏¹, 李文静¹, 李栋², 孙俊², 尹海辰^{1*}

(1. 湖北省农业科学院植保土肥研究所, 农业农村部华中作物有害生物综合治理重点实验室, 农作物重大病虫害防控湖北省重点实验室, 武汉 430064; 2. 中化现代农业(湖南)有限公司, 长沙 410205)

摘要 棉铃虫 *Helicoverpa armigera* 和绿盲蝽 *Apolygus lucorum* 是两种重要的经济作物害虫。为寻找一种安全高效的防治新手段, 本文对 10 种中草药提取物触杀活性开展了研究。结果表明, 在 10 种中草药提取物中, 苦杏仁杀虫活性最高, 药后 7 d 棉铃虫、绿盲蝽校正死亡率分别为 65.4% 和 100%。发现苦杏仁粗提物经不同溶剂萃取后发现, 氯仿萃取时析出物对绿盲蝽触杀活性最高, 药后 7 d 校正死亡率可达 96.9%。硅胶柱分离结果表明, 流分 L36-48 具有较高的触杀活性, 药后 7 d 校正死亡率为 84.7%。本研究评价了 10 种中草药提取物对棉铃虫和绿盲蝽的触杀活性, 并对苦杏仁有效成分开展了初步的分离鉴定, 以期两种害虫高效安全的新型药剂开发提供理论基础。

关键词 棉铃虫; 绿盲蝽; 触杀活性; 苦杏仁; 提取物

中图分类号: S 482.39 文献标识码: B DOI: 10.16688/j.zwbh.2022496

Contact activity of ten Chinese herbal extracts against *Helicoverpa armigera* and *Apolygus lucorum*

CONG Shengbo¹, WAN Peng¹, LI Wenjing¹, LI Dong², SUN Jun², YIN Haichen^{1*}

(1. Institute of Plant Protection, Soil and Fertilizer, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory for Integrated Management of Crop Pests in Central China, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Hubei Key Laboratory for Control of Crop Diseases, Insect Pests and Weeds, Wuhan 430064, China;
2. Sinochem Modern Agriculture (Hunan) Co., Ltd., Changsha 410205, China)

Abstract *Helicoverpa armigera* and *Apolygus lucorum* are two important pests on economic crops. In order to find safe and efficient methods to control these pests, the contact activity of the extracts from ten Chinese herbal medicines was studied. The results showed that the insecticidal activity of bitter apricot kernel was the highest among the ten herbal extracts, and the adjusted mortalities of *H. armigera* and *A. lucorum* were 65.4% and 100% after 7 d, respectively. The bioassay results of the extract of bitter apricot kernel by systematic solvent extraction showed that the activity of the precipitates in chloroform extraction against *A. lucorum* was the highest, with an adjusted mortality of 96.9% at day 7 after treatment. The results of column chromatography showed that the fraction L36-48 had the highest contact activity with an adjusted mortality of 84.7% at day 7 after treatment. In this study, the contact activity of the extracts from ten Chinese herbal medicines was evaluated against *H. armigera* and *A. lucorum*, and the effective components of bitter apricot kernel were preliminarily isolated and identified. This study provides a theoretical basis for the development of new efficient and safe pesticides for control of the two insect pests.

Key words *Helicoverpa armigera*; *Apolygus lucorum*; contact activity; bitter apricot kernel; extract

棉铃虫 *Helicoverpa armigera*, 属于鳞翅目 Lepidoptera 夜蛾科 Noctuidae, 绿盲蝽 *Apolygus lucorum*, 属于半翅目 Hemiptera 盲蝽科 Miridae, 两

种害虫广泛分布于世界各地, 在我国棉花、蔬菜和果树种植区均有发生, 寄主种类均在 200 种以上, 棉铃虫可为害番茄、白菜、甘蓝等, 绿盲蝽则对苹果、枣、

收稿日期: 2022-08-18 修订日期: 2022-09-13

基金项目: 国家自然科学基金青年基金(32001966)

* 通信作者 E-mail: 22830884@qq.com

葡萄等 50 余种经济作物生产造成严重影响^[1-3]。棉铃虫曾经在我国长江及黄河流域棉花种植区造成严重危害,随着 Bt 棉花的种植,该虫的危害得到了有效的控制,绿盲蝽上升成为我国棉花的主要害虫。然而在 Bt 棉花的高强度种植区,已有棉铃虫耐受性提升的报道^[4-5],绿盲蝽由于具有世代重叠严重、飞行能力强等特点,抗药性风险日益严重^[6-7]。综上所述,急需寻找一种对棉铃虫、绿盲蝽安全高效的防治新手段。

我国的中草药植物是一类重要的植物资源,除去在医药上的应用外,利用植物防治害虫具有悠久的历史,早在 2000 多年前我国就已有相关记载,近年来科研人员筛选了多种具有较高杀虫活性的中草药植物提取物^[8-10]。相比于传统化学农药,这些植物源农药来源于自然,对害虫的作用方式多样,因此具有污染小,易降解,害虫不易产生抗性等优点^[11-12]。本研究选取了 10 种中草药植物,制备了其乙醇提取物,测定了乙醇提取物对棉铃虫、绿盲蝽两种害虫的触杀活性,并采取萃取、硅胶柱分离等手段,初步对其有效成分进行了分离,本研究以期对两种害虫高效安全的新型药剂开发提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试虫饲养

试验所用绿盲蝽和棉铃虫采集自湖北省武汉市、鄂州市等地棉田,在实验室内于 $(26 \pm 1)^\circ\text{C}$,光周期 $L/D=16\text{ h}/8\text{ h}$,相对湿度 60% 条件下分别用四季豆和人工饲料饲养多代,饲养期间未接触任何药剂。

1.2 供试中草药粗提取物的制备

选用苦杏仁(种子)、云木香(根)、香加皮(根皮)、大黄(根)、篇蓄(全株)、薄荷(地上部分)、紫花地丁(全株)、韭菜籽(种子)、泽漆(全株)、五加皮(树皮)等 10 种中药材,本研究所用中草药均采购自湖北中医药大学,将 100 g 供试中药打成粉末后置于 250 mL 无水乙醇中室温浸泡 15 d,将提取液用旋转蒸发仪蒸干溶剂获得膏状提取物。

1.3 植物提取物对棉铃虫、绿盲蝽的触杀活性测定

将 100 mg 中草药乙醇粗提物用少量乙醇溶解,用蒸馏水将样品稀释至 15 mg/mL,每种粗提物配制 1 mL 药液用于试验。每种粗提物设置 3 组重复,每个重复 20 头 2 龄棉铃虫幼虫或 2 龄绿盲蝽若虫,

以含有少量乙醇的蒸馏水为对照组。将试虫置于培养皿中,用 POTTER 喷雾塔(北京安迪永富科贸有限公司,ADPT-1 型)喷雾处理,处理后棉铃虫置于 24 孔板内饲养,每孔放入 1 块人工饲料(1 cm³ 大小)并接入 1 头棉铃虫幼虫;绿盲蝽置于玻璃指形管(直径 2 cm,高 5 cm)内饲养,每个指形管放入 1 块四季豆(长约 4 cm)并接入 20 头绿盲蝽若虫。统计药后 1、3、7 d 棉铃虫幼虫和绿盲蝽若虫死亡率。

1.4 不同极性溶剂萃取及萃取物生测

选择触杀活性较高的粗提物进行不同溶剂萃取,将 10 g 粗提物用 500 mL 纯净水溶解后,依次使用等量的石油醚、氯仿、乙酸乙酯、正丁醇 4 种极性不同溶剂进行萃取,萃取后使用旋转蒸发仪蒸干溶剂,获得萃取物,将萃取物用于棉铃虫、绿盲蝽触杀活性的生测,生测方法、浓度及用量等同上。

1.5 萃取物硅胶柱层析分离及生测

硅胶柱层析分离方法参考李秀梅等^[13]的报道,选择触杀活性较高的萃取物,利用相应溶剂溶解。采用湿法装柱,选用 200~300 目硅胶为吸附剂,洗脱液为石油醚:乙酸乙酯(3:1)。每份 300 mL,收集流分并编号,并通过经 TLC 检测合并相邻流分中含有相同 R_f 值洗脱物的流分。流分经旋转蒸发后,供杀虫活性测定使用,生测方法、浓度及用量等同上。

1.6 数据处理

根据公式计算校正死亡率:

校正死亡率 = (处理死亡率 - 对照死亡率) / (1 - 对照死亡率) × 100%。

不同植物提取物、萃取物及流分之间的校正死亡率通过单因素方差分析 LSD 法分析,分析软件使用 SPSS Statistics 17.0。

2 结果与分析

2.1 植物提取物对棉铃虫、绿盲蝽的触杀活性

中草药乙醇粗提物生测结果表明,10 种乙醇粗提物对棉铃虫 2 龄幼虫均具有一定的触杀效果,其中经香加皮和苦杏仁处理后的棉铃虫幼虫,药后 7 d 校正死亡率较高,分别为 56.8% 和 65.4% (表 1)。而对于绿盲蝽 2 龄若虫,粗提物触杀效果较为显著,除五加皮提取物外,其余 9 种提取物均具有显著的触杀活性,药后 7 d 校正死亡率均在 80% 以上 (表 2)。

表 1 中草药乙醇粗提物对棉铃虫 2 龄幼虫的触杀活性¹⁾

Table 1 The contact toxicity of the ethanol extracts from Chinese herbal medicines to the 2nd-instar larvae of *Helicoverpa armigera*

粗提物种类 Extract		药后 1 d 校正死亡率/% Adjusted mortality after 1 d	药后 3 d 校正死亡率/% Adjusted mortality after 3 d	药后 7 d 校正死亡率/% Adjusted mortality after 7 d
香加皮	Chinese silkvine root-bark	(42.7±12.2)abAB	(56.8±7.8)aAB	(56.8±7.8)aAB
苦杏仁	Bitter apricot kernel	(52.9±4.3)aA	(60.0±16.2)aA	(65.4±12.9)aA
泽漆	Sun euphorbia herb	(31.3±5.3)bcBC	(34.9±10.1)bBC	(34.9±10.1)bBC
云木香	Costus root	(27.6±5.9)cBC	(27.6±5.9)bcCDE	(30.7±6.3)bcBC
大黄	Rhubarb root	(18.3±9.1)cdeCDE	(30.2±7.1)bCD	(30.2±7.1)bcBC
篇蓄	Common knotgrass herb	(7.5±6.7)eDE	(10.0±8.9)cdDE	(10.0±8.9)cC
薄荷	Mint	(7.2±9.6)eDE	(7.2±9.6)dDE	(9.2±7.8)cC
紫花地丁	Tokyo violet herb	(13.3±9.7)deCDE	(21.2±5.1)bcdCDE	(21.2±5.1)bcC
韭菜籽	Leek seeds	(24.4±7.0)cdBCD	(27.4±10.9)bcCDE	(29.9±7.4)bcBC
五加皮	Slender acanthopenax bark	(3.9±6.7)eE	(3.9±6.7)dE	(15.7±22.8)bcC

1) 表中数据为平均值±标准误,同列数据后不同小写字母和大写字母分别表示差异显著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$)(LSD 法)。下同。
The data in the table are mean±SE, and different lowercase and uppercase letters in the same column indicate significant difference ($P<0.05$) and extremely significant difference ($P<0.01$) (LSD). The same applies below.

表 2 中草药乙醇粗提物对绿盲蝽 2 龄若虫的触杀活性

Table 2 The contact toxicity of the ethanol extracts from Chinese herbal medicines to the 2nd-instar nymphs of *Apolygus lucorum*

粗提物种类 Extract		药后 1 d 校正死亡率/% Adjusted mortality after 1 d	药后 3 d 校正死亡率/% Adjusted mortality after 3 d	药后 7 d 校正死亡率/% Adjusted mortality after 7 d
香加皮	Chinese silkvine root-bark	(58.8±15.6)bB	(62.7±17.5)bBC	(85.2±12.1)aA
苦杏仁	Bitter apricot kernel	(97.7±2.3)aA	100 aA	100 aA
泽漆	Sun euphorbia herb	(90.7±2.7)aAB	(92.8±4.3)aAB	(95.1±4.9)aA
云木香	Costus root	(94.1±3.4)aA	(98.0±2.0)aA	100 aA
大黄	Rhubarb root	(87.3±3.8)aAB	(89.3±4.5)aAB	(91.5±2.3)aA
篇蓄	Common knotgrass herb	100 aA	100 aA	100 aA
薄荷	Mint	(74.1±13.1)abAB	(85.4±7.5)aAB	(95.2±2.5)aA
紫花地丁	Tokyo violet herb	(95.2±2.4)aA	(95.2±2.4)aAB	(95.2±2.4)aA
韭菜籽	Leek seeds	(90.8±9.2)aAB	(93.9±6.1)aAB	(93.9±6.1)aA
五加皮	Slender acanthopenax bark	(23.9±7.1)cC	(41.8±10.3)bC	(49.6±6.6)bB

2.2 不同极性溶剂萃取组分对绿盲蝽的活性

由表 1 和表 2 可知,中草药粗提物对于棉铃虫的触杀活性相对较差,因此后续选择绿盲蝽若虫为试验对象。苦杏仁和篇蓄提取物对于绿盲蝽触杀作用均较强,但篇蓄的提取率较低,因此选择苦杏仁进行后续试验。在进行分离萃取时,由于乙酸乙酯、正丁醇萃取蒸干后获得的提取物质量过低,因此无法

进行生测;当加入氯仿后苦杏仁粗提物出现析出物,这种析出的不溶物对绿盲蝽触杀活性最高,药后 7 d 校正死亡率达 96.9%;而氯仿和石油醚的萃取物药后 7 d 对绿盲蝽的校正死亡率仅为 6.2%和 7.3%,水相未表现出杀虫活性(表 3)。由于氯仿萃取时析出物对绿盲蝽表现出最高的触杀活性,因此选择其进行层析柱分离。

表 3 苦杏仁 4 种萃取物对绿盲蝽 2 龄若虫的触杀活性

Table 3 The contact toxicity of the extracts from bitter apricot kernel with different solvents to *Apolygus lucorum*

不同溶剂萃取组分 Component of solvent extraction		药后 1 d 校正死亡率/% Adjusted mortality after 1 d	药后 3 d 校正死亡率/% Adjusted mortality after 3 d	药后 7 d 校正死亡率/% Adjusted mortality after 7 d
氯仿萃取时析出物	Precipitates after chloroform extraction	(96.9±3.2)aA	(96.9±3.2)aA	(96.9±3.2)aA
氯仿萃取物	Chloroform extract	0bB	(6.2±3.6)bB	(6.2±3.6)bB
石油醚萃取物	Petroleum ether extract	(0.8±0.5)bB	(7.3±4.2)bB	(7.3±4.2)bB
水相	Water extract	(0.8±0.5)bB	(0.8±0.5)bB	(0.8±0.5)bB

2.3 苦杏仁萃取物硅胶柱层析分离及生物活性

苦杏仁粗提物经氯仿萃取时析出的不溶物经层析柱分离后可产生 4 组流分,生测结果表明,流分

L36-48 对绿盲蝽 2 龄若虫的触杀活性最高,校正死亡率可达 84.7%(表 4)。而 L8-15、L18-24 两组流分校正死亡率低于 50%。

表 4 苦杏仁氯仿萃取析出物不同流分对绿盲蝽 2 龄若虫的触杀活性

Table 4 The contact toxicity of each fraction of bitter apricot kernel against *Apolygus lucorum*

流分 Fraction	药后 1d 校正死亡率/% Adjusted mortality after 1 d	药后 3d 校正死亡率/% Adjusted mortality after 3 d	药后 7d 校正死亡率/% Adjusted mortality after 7 d
L8-15	(5. 3±3. 0)cB	(13. 8±9. 3)cB	(13. 8±9. 3)cB
L18-24	(16. 3±1. 3)bB	(26. 0±7. 3)cB	(26. 0±7. 3)cB
L28-34	(29. 6±7. 3)bAB	(50. 1±4. 1)bAB	(50. 1±4. 1)bAB
L36-48	(72. 6±6. 3)aA	(84. 7±7. 7)aA	(84. 7±7. 7)aA

3 讨论

本文利用 10 种中草药提取物对棉铃虫、绿盲蝽开展触杀活性测定,结果表明,中草药提取物对绿盲蝽具有较好的触杀活性,其中苦杏仁提取物校正死亡率最高。进一步分离发现活性成分可能存在于氯仿萃取时的析出物中,且流分 L36-48 触杀活性最高。

目前,中草药提取物的杀虫活性已受到科研人员的广泛关注。王谦等^[14]采用药膜法测定了 5 种中草药提取物对菇蝇的毒杀活性,结果表明,百部 *Stemona japonica* 和苦参 *Sophora flavescens* 对菇蝇的毒杀活性显著;方涛等^[15]测定了 28 种植物提取物对棉蚜 *Aphis gossypii* 的杀虫活性,结果发现曼陀罗 *Datura metel*、毒参 *Conium maculatum*、大戟 *Euphorbia pekinensis* 等 8 种植物提取物具有较高杀虫活性,其中曼陀罗提取物杀虫活性最高;Abdelatti 和 Hartbauer^[16]研究发现,葛缕子 *Carum carvi*、橘皮 *Citrus aurantium dulcis* 和平铺白珠树 *Gaultheria procumbens* 等 3 种提取物的复配剂对蝗虫具有较好的防治效果,喷施 24 h 后试虫死亡率可达 80%~100%,且该提取物对于小麦幼苗无药害。本文通过对萝藦科、蔷薇科、大戟科等 10 种中药材提取物杀虫活性的研究,为中草药植物资源的利用提供了理论支持。

目前,苦杏仁提取物已被证实对家蝇 *Musca domestica*、玉米象 *Sitophilus zeamais*、白纹伊蚊 *Aedes albopictus* 以及黏虫 *Mythimna separata* 具有很好的熏蒸、触杀活性^[17-19]。但对于其有效成分分离鉴定的相关研究较少,马玉花等^[19]的研究发现,去除 HCN 的苦杏仁精油的杀虫活性显著高于含 HCN 的苦杏仁精油,其原因可能是精油中微量的 HCN 不足以对试虫造成毒杀作用,而除去 HCN 后反而提升了精油中有效成分的含量。于新池^[20]的研究表明,苦杏仁精油主要成分是苯甲醛、苯甲酸、二甲苯、正十六烷等,然而其抗菌杀虫活性并不

能完全归因于其主要成分苯甲醛。由此可见,苦杏仁的活性成分目前尚不明确,本文对其有效成分开展了初步的分离鉴定,为后续研究奠定了基础。

在当前棉花害虫抗药性风险日益严峻的情况下,利用中草药植物资源开发新型药剂是解决防治问题的重要思路。在今后研究中还应继续开展中草药植物活性物质的鉴定,同时在触杀作用以外,苦杏仁等植物提取物还可能存在着熏蒸、驱避等多种作用方式,综合利用这些植物资源是开发害虫高效安全的防治手段的基础。

参考文献

[1] FITE T, TEFERA T, GOFTISHU M, et al. Genetic diversity and demographic history of the old world bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), in Ethiopia inferred from mitochondrial gene sequences [J/OL]. Ecology and Evolution, 2022, 12 (5): e8907. DOI: 10. 1002/ece3. 8907.

[2] MALATHI S, KIRAN G B, MURARI K, et al. Characterization of *Helicoverpa armigera* spatial distribution in pigeon pea crop using geo statistical methods [J]. Pest Management Science, 2021, 77(11): 4942 - 4950.

[3] ZHANG Wanna, MA Long, WANG Bingjie, et al. Reproductive cost associated with juvenile hormone in Bt-resistant strains of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. 2019, 109(6): 1 - 9.

[4] WHITEHOUSE MEA, CROSS D, MANSFIELDS, et al. Do pigeon pea refuges in Bt cotton pull their weight as “genetic diluters” to counter Bt resistance in *Helicoverpa* moths? [J]. Crop Protection, 2017, 100: 96 - 105.

[5] LU Yanhui, WU Kongming, JIANG Yuying, et al. Mirid bug outbreaks in multiple crops correlated with wide-scale adoption of Bt cotton in China [J]. Science, 2010, 328(5982): 1151 - 1154.

[6] ZHANG Peng, ZHAO Yunhe, ZHANG Xuefeng, et al. Field resistance monitoring of *Apolygus lucorum* (Hemiptera: Miridae) in Shandong, China to seven commonly used insecticides [J]. Crop Protection, 2015, 76: 127 - 133.

此属植物多数喜光且稍耐阴,根系深而发达,萌蘖能力强,植株生长快,天然或人工更新较好,对烟尘、病虫害有一定的抗性,在新疆是很好的园林绿化观赏树和行道树。近年来新疆生产建设兵团各师都在进行城镇化建设,在道路绿化工程中引进了大量的苗木,但由于部分检验检疫不到位,致使一些病虫害随着苗木调入传入了新疆,对新疆林业的持续、健康发展带来了阻碍。

今后在苗木调运时要加强检验检疫,将传入新疆的危险有害生物控制在局部地区,防止其扩散是目前新疆林业工作的重点和难点。

参考文献

[1] 杨爽,李婧,李海鹏,等. 构树小线角木蠹蛾的发生及防治方法
~~~~~  
(上接 253 页)  
[7] ZHEN Congai, MIAO Ling, LIANG Pei, et al. Survey of organophosphate resistance and an Ala216Ser substitution of acetylcholinesterase-1 gene associated with chlorpyrifos resistance in *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür) collected from the transgenic Bt cotton fields in China [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2016, 132: 29 - 37.  
[8] NENAAH G E. Chemical composition, insecticidal and repellence activities of essential oils of three *Achillea* species against the Khapra beetle (Coleoptera: Dermestidae) [J]. Journal of Pest Science, 2014, 87: 273 - 283.  
[9] FENG Yixi, ZHANG Xu, WANG Yang, et al. The potential contribution of cymene isomers to insecticidal and repellent activities of the essential oil from *Alpinia zerumbet* [J/OL]. International Biodeterioration & Biodegradation, 2021, 157: 105138. DOI:10.1016/j.ibiod.2020.105138.  
[10] AHS AEI S M, RODRIGUEZ-ROJO S, SALGADO M, et al. Insecticidal activity of spray dried micro encapsulated essential oils of *Rosmarinus officinalis* and *Zataria multiflora* against *Tribolium confusum* [J/OL]. Crop Protection, 2020, 128 (C): 104996. DOI: 10.1016/j.cropro.2019.104996.  
[11] YANG Kai, WANG Chengfang, YOU Chunxue, et al. Bioactivity of essential oil of *Litsea cubeba*, from China and its main compounds against two stored product insects [J]. Journal of

[J]. 国际沙棘研究与开发, 2014, 12(2): 35 - 38.  
[2] 白瑞霞. 国槐小线角木蠹蛾的发生及防治措施[J]. 中国园艺文摘, 2012, 28(8): 74 - 75.  
[3] 王小艺. 白蜡窄吉丁的生物学及其生物防治研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2005.  
[4] 华立中, 奈良一, 赛缪尔森, 等. 中国天牛 (1406 种) 彩色图鉴 [M]. 广州: 中山大学出版社, 2009.  
[5] 闫家河, 赵燕, 卞晓阳, 等. 白蜡外齿茎蜂形态与生物学特性观察[J]. 中国森林病虫, 2018, 37(5): 5 - 10.  
[6] WEI Meicai, NIU Gengyun, YAN Jiahe. Review of *Stenocephus shinohara* (Hymenoptera: Cephidae), with description of a new species from China [J]. Proceedings of the Entomological Society of Washington, 2015, 117(4): 508 - 518.  
[7] 戴明国. 白蜡外齿茎蜂[N]. 中国花卉报, 2005 - 02 - 24(003).  
[8] 郝燕升. 白蜡造林技术[J]. 山西林业, 2017(1): 28 - 29.

(责任编辑: 田 喆)

Asia-Pacific Entomology, 2014, 17(3): 459 - 466.  
[12] 李媛, 刘巧林, 陈晓宇, 等. 甘菊挥发油化学组成及其对烟草甲与赤拟谷盗的杀虫活性[J]. 植物保护, 2019, 45(5): 202 - 206.  
[13] 李秀梅, 方继朝. 18 种中草药提取物对褐飞虱和甜菜夜蛾的杀虫活性分析[J]. 昆虫学报, 2010, 53 (3): 298 - 306.  
[14] 王谦, 史聪颖, 张正, 等. 5 种中草药提取物对菇蝇的毒杀活性[J]. 河北大学学报(自然科学版), 2016, 36(6): 635 - 640.  
[15] 方涛, 张军高, 樊国全, 等. 28 种植物提取物对棉蚜的杀虫活性测定[J]. 新疆农业科学, 2021, 58(10): 1868 - 1875.  
[16] ABDELATTI Z A S, HARTBAUER M. Plant oil mixtures as a novel botanical pesticide to control gregarious locusts [J]. Journal of Pest Science, 2020, 93(2): 341 - 353.  
[17] 马玉花, 赵忠, 江志利, 等. 苦杏仁精油的熏蒸杀虫活性研究[J]. 西北植物学报, 2007(9): 1879 - 1883.  
[18] 马玉花, 赵忠, 江志利, 等. 苦杏仁精油对粘虫的触杀活性研究 [J]. 西北植物学报, 2010, 30(3): 604 - 609.  
[19] 马玉花, 赵忠, 江志利, 等. 苦杏仁精油对玉米象的种群抑制活性研究 [J]. 中国粮油学报, 2011, 26(2): 84 - 88.  
[20] 于新池. 苦杏仁精油的提取、化学成分及其生物活性 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2016.

(责任编辑: 田 喆)