

## 5种植物提取物对小菜蛾的生物活性

王 荣, 郑瑞瑞, 马 力, 郟杏桃, 闫喜中, 郝 赤

(山西农业大学 植物保护学院, 山西 太谷 030801)

**摘 要:**植物源杀虫剂相较于化学农药,具有源于自然易分解、生物活性多样、害虫不易产生抗药性等优点。为研制高效低毒的植物源杀虫剂,为开发研究新型植物杀虫剂提供数据基础,从已报道的具有杀虫活性的5个科中选取丁香、甘草、独活、赤芍、八角5种植物,并在室内测定5种植物水醇提取物对小菜蛾3种虫态的生物活性。采用浸卵法、浸叶法和非选择叶盘法测定5种植物提取物对小菜蛾卵触杀、幼虫胃毒、成虫产卵忌避效果;并通过高倍显微镜观察5种植物提取物处理后小菜蛾卵的外部形态。结果表明,5种植物提取物对小菜蛾卵和幼虫均有显著的杀虫活性,对成虫具有产卵忌避活性,生物活性与剂量基本呈正相关;在植物提取物质量浓度为100 mg/mL时,对小菜蛾卵和幼虫的校正死亡率以及成虫产卵忌避率均在85%以上。丁香、甘草、独活、赤芍、八角提取物对小菜蛾卵的毒力 $LC_{50}$ 分别为9.57、16.16、20.42、9.00、7.57 mg/mL,对小菜蛾幼虫的毒力 $LC_{50}$ 分别为7.46、13.49、21.31、54.67、9.87 mg/mL。其中,丁香提取物对小菜蛾卵和幼虫的毒力最高;5种植物提取物处理后的小菜蛾卵发育受到影响,卵内组织器官发育受阻或虫体畸形。丁香、甘草、独活、赤芍、八角提取物具有作为植物源杀虫剂材料来源用于防控小菜蛾的潜在价值。

**关键词:**小菜蛾;植物提取物;触杀活性;产卵忌避;卵形态

中图分类号:S482.3<sup>+</sup>9

文献标识码:A

文章编号:1002-2481(2024)01-0115-09

### Insecticidal Activity of Five Plant Extracts Against *Plutella xylostella*

WANG Rong, ZHENG Ruirui, MA Li, QIE Xingtao, YAN Xizhong, HAO Chi

(College of Plant Protection, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China)

**Abstract:** Compared with chemical pesticides, plant-derived insecticides have advantages such as natural origin, easy decomposition after application, diverse biological activities, and reduced likelihood of pest resistance. To develop highly effective and low-toxic plant-derived insecticides, and to provide a theoretical basis for the development of new plant-based insecticides for further research, in this study, five plants from five different families, all with reported insecticidal activity were screened. These plants are *Eugenia caryophyllata*, *Glycyrrhiza uralensis*, *Angelica pubescens*, *Paeonia lactiflora*, and *Illicium verum*. The hydroalcoholic extracts of the five plants were measured indoors for their biological activity against *Plutella xylostella*. The effects of the five plant extracts on eggs, larval stomach toxicity, and female adult egg-laying (oviposition) deterring activity were determined using egg immersion, leaf immersion, and non-selective leaf disc methods. Furthermore, the external morphology of *P. xylostella* eggs, after treatment with the five plant extracts, was observed using high-magnification microscopy. The results showed that the five plant extracts exhibited effective insecticidal activity against eggs and larvae of *P. xylostella*, as well as strong oviposition-detering activity on adults, and biological activity in a concentration-dependent manner increased with increasing concentration. When the mass concentration of the plant extracts was 100 mg/mL, the corrected mortality rate of eggs and larvae *P. xylostella*, as well as the oviposition-detering rate of female adults, were both above 85%. The lethal concentration 50 ( $LC_{50}$ ) for the extracts of *E. caryophyllata*, *G. uralensis*, *A. pubescens*, *P. lactiflora*, and *I. verum* were 9.57, 16.16, 20.42, 9.00, 7.57 mg/mL, respectively, for the eggs, and 7.46, 13.49, 21.31, 54.67, 9.87 mg/mL, respectively, for the larvae of *P. xylostella*. The highest toxicity of the extracts of *E. caryophyllata* was observed in both larvae and eggs, with the development of *P. xylostella* eggs being adversely affected by the treatment. The development of intrad egg tissues and organs was impaired or deformed. The results in this study proved that the extracts of *E. caryophyllata*, *G. uralensis*, *A. pubescens*, *P. lactiflora*, and *I. verum* hold great potential as phyto-genic insecticides for preventing and controlling *P.*

收稿日期:2023-02-11

基金项目:科技部“高端外国专家引进计划”项目G2022004006L;山西省自然科学基金项目(20210302123387);山西农业大学“特”“优”农业高质量发展科技支撑工程(TYGC-09)

作者简介:王 荣(1996-),女,山西兴县人,在读硕士,研究方向:昆虫生态与生理生化。

通信作者:郝 赤(1964-),男,山西榆次人,教授,博士,主要从事昆虫生态与生理生化研究工作。

闫喜中(1980-),男,山西繁峙人,副教授,博士,主要从事昆虫嗅觉神经通路及化学生态调控研究工作。

*xylostella*. This study provided a theoretical basis for the development of new plant-based insecticides for further research.

**Key words:** *Plutella xylostella*; plant extract; contact activity; oviposition-detering activity; egg morphology

小菜蛾 *Plutella xylostella* L. 是为害十字花科蔬菜最重要的害虫之一<sup>[1]</sup>, 每年在全球造成的经济损失达 40~50 亿美元, 我国每年对小菜蛾的防治费用就超过 7.7 亿美元<sup>[2]</sup>。为追求防效, 长期滥用化学农药导致小菜蛾几乎对所有化学农药产生了不同水平的抗性<sup>[3]</sup>。因此, 寻求新型高效、低毒、低残留的杀虫剂防治小菜蛾刻不容缓。植物源杀虫剂源于自然, 具有易降解、无残留污染、杀虫活性的成分种类多等优点, 是天然的混配剂, 可以有效控制害虫的发生为害, 且不易产生抗药性, 受到科学工作者的关注和重视<sup>[4]</sup>。

近年来, 已经发现 230 余种植物提取物具有杀卵<sup>[5]</sup>、杀虫<sup>[6]</sup>、拒食<sup>[7]</sup>、驱避<sup>[8]</sup>等生物活性。因此, 植物提取物对害虫具有防控作用, 具有开发为植物源杀虫剂的潜力。50 g/L 八角茴香精油在空仓条件下对赤拟谷盗 *Tribolium castaneum* 成虫具有熏蒸毒杀作用<sup>[9]</sup>; 有研究结果显示, 八角茴香精油 24 h 内对斑翅果蝇 *Drosophila suzukii* 的熏蒸死亡率达 80% 以上<sup>[10]</sup>; 张惠丽等<sup>[11]</sup>研究结果表明, 丹参丙酮提取物对小菜蛾具有致死和拒食作用, 其浓度与致死效果及拒食效果呈负相关, 相关系数分别为 -0.973 和 -0.976。许多研究表明, 植物提取物对小菜蛾有灭杀活性以及杀卵作用, 如穿心莲 *Andrographis paniculate* 的乙酸乙酯及乙醇提取物对小菜蛾具有灭杀活性<sup>[12]</sup>; 油桐 *Vernicia fordii* 桐籽粕乙酸乙酯及石油醚提取物对小菜蛾具有强毒性<sup>[13]</sup>; 4 种萜萜素类似物对小菜蛾的卵孵化具有抑制作用以及杀卵活性<sup>[14]</sup>; 印楝 *Azadirachta indica* 和烟草 *Nicotiana tabacum* 水提物对小菜蛾卵具有毒杀活性<sup>[15]</sup>。

目前, 植物的次生代谢产物已被广泛应用于食品加工、医疗保健、美妆等多个领域, 其中生物碱、类黄酮、萜类、固醇类化合物已被证明具有广谱的杀虫活性<sup>[16]</sup>。此外, 大量的植物代谢产物对小菜蛾具有生物活性已被证实<sup>[16-18]</sup>。但是国内外对此类药剂的研究主要集中在精油成分对小菜蛾的生物活性测定, 关于植物的水醇提取物对小菜蛾卵期、幼虫、成虫的生物活性研究较少。

据报道, 桃金娘科植物的枝、叶等部位的乙醇提取液对黄曲跳甲均有明显的驱避效果<sup>[19]</sup>。豆科植物紫穗槐果实对多种害虫具有触杀、胃毒、拒食等生物活性<sup>[20]</sup>。伞形科当归提取物对棉贪叶蛾

(*Spodoptera littoralis*) 的幼虫具有杀虫和抑制生长活性<sup>[21]</sup>。毛茛科中的黄连属和白头翁属中部分种提取物被证实具有杀线虫活性<sup>[22]</sup>。木兰科植物中的小花八角 (*Illicium micranthum*) 对 4 龄韭蛆幼虫具有毒杀活性<sup>[23]</sup>。因此, 它们作为植物源杀虫剂应用于害虫综合管理具有很大的潜力。

在前期的中药材料生物活性筛选试验中, 筛选出丁香、甘草、独活、赤芍、八角 5 种植物对小菜蛾幼虫具有胃毒活性。本研究测定 5 种植物提取物质量浓度在 6.25~100 mg/mL 范围内, 对小菜蛾卵的毒杀、幼虫的胃毒及成虫的产卵忌避活性, 并通过 25 倍显微镜观察记录不同植物提取物处理后小菜蛾卵外部形态变化, 旨在为后续植物源杀虫剂的研发与应用提供数据基础。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

1.1.1 供试虫源 小菜蛾幼虫采集自山西省太谷县 (37°25'N、112°34'E) 甘蓝种植地。在山西农业大学植物保护学院昆虫神经行为与感官生物学实验室中连续饲养多代, 饲养温度为 (25±1)°C、相对湿度为 70%±5%、光周期 16 L:8 D。幼虫取食甘蓝叶片。成虫以 15% 蜂蜜水补充营养, 以甘蓝叶片为产卵基底, 1 d 后收取甘蓝叶片<sup>[24]</sup>。选取产后 2 d 的卵 (由鲜嫩黄色变为淡黄色的卵)、3 龄幼虫 (头部由黑色变为褐色, 体长约为 1.0~1.2 mm) 以及羽化 2 d 成虫 (蛹分装到指型管中, 观察到羽化 24 h 后的成虫) 作为供试虫源。

1.1.2 供试植物 甘蓝 (*Brassica oleracea*) 于实验室中种植, 未施用农药, 品种为改良庆丰。待成熟后, 选择新鲜且大小均匀的甘蓝, 取其外层较平整且厚薄一致的叶片制得直径为 6 cm 的叶盘供试。

1.1.3 供试试剂 丁香 (*Eugenia caryophyllata*) (花蕾)、甘草 (*Glycyrrhiza uralensis*) (根茎)、独活 (*Angelica pubescens*) (根部)、赤芍 (*Paeonia lactiflora*) (根部)、八角 (*Illicium verum*) (种子) 5 种植物材料购自河北安国药材市场。无水乙醇、曲拉通 (Triton-X100)、二甲基亚砜 (DMSO) 购自上海麦克林生物有限公司。

### 1.2 植物提取物的提取方法

将供试药材用粉碎机 (FS180-4) 将其粉碎, 并

过0.037 mm筛。称取300 g粉末,加入600 mL提取液(蒸馏水、乙醇、异丙醇按1:2:1混合),搅拌均匀后室温放置24 h。超声波破碎30 min,设置温度为30℃,10 min搅拌一次。利用真空抽滤仪真空抽滤,并保留药渣。超声波破碎及真空抽滤各重复5次。合并提取液,使用旋转蒸发仪(温度55℃,转速150 r/min)进行减压浓缩,将浓缩液收集至棕色瓶中,在4℃冰箱中保存备用<sup>[25]</sup>。

使用含有0.5% Triton-X100和0.5% DMSO的20%乙醇溶液配制待测提取液,其质量浓度分别为100、50、25、12.5、6.25 mg/mL。

### 1.3 小菜蛾生物活性测定

1.3.1 植物提取物对小菜蛾卵的触杀活性 采用浸渍法<sup>[26]</sup>测定杀卵活性。收集新鲜的小菜蛾卵20个,分别浸入100、50、25、12.5、6.25 mg/mL丁香、甘草、独活、赤芍、八角提取物溶液30 s,以含有0.5% Triton-X100和0.5% DMSO的20%乙醇溶液和10 mg/mL的苦参碱为对照。自然挥发干燥后放置于底部铺有叶片的培养皿中,置于温度为(25±1)℃、相对湿度为70%±5%、光周期16 L:8 D的光照培养箱中饲养,处理48 h观察卵孵化数,如果卵正常孵化,视为活卵;如果卵未孵化,记为死卵,直至对照组卵全部孵化,计算孵化率。每个处理重复3次。

1.3.2 植物提取物对小菜蛾卵的外部形态影响 小菜蛾卵形态发育观察:取产后48 h小菜蛾卵,分别浸入100、50、25、12.5、6.25 mg/mL丁香、甘草、独活、赤芍、八角提取物溶液中,以含有0.5% Triton-X100和0.5% DMSO的20%乙醇溶液为对照。每个处理20粒卵。使用高倍体视显微镜(奥林巴斯SZX16,上海,中国)观察记录卵的形态,放大倍数为40倍。

1.3.3 植物提取物对小菜蛾幼虫的毒杀活性 毒杀活性试验采用滤纸保湿浸叶法<sup>[27]</sup>。将直径为6 cm叶盘分别浸入100、50、25、12.5、6.25 mg/mL丁香、甘草、独活、赤芍、八角提取物溶液中,浸渍60 s,以含有0.5% Triton-X100和0.5% DMSO的20%乙醇溶液和10 mg/mL的苦参碱对照。自然挥发干燥后放入垫有保湿滤纸的培养皿(d=6 cm)中。每皿接入20头饥饿4 h的体质量大小相近的3龄小菜蛾幼虫,将培养皿置于温度为(25±1)℃、相对湿度为70%±5%、光周期16 L:8 D的光照培养箱中饲养,24 h和48 h后统计死亡率。每个处理重复3次。

1.3.4 植物提取物对小菜蛾成虫的产卵忌避活性 采用杨科<sup>[28]</sup>的非选择叶盘法测定植物提取物的产卵忌避活性。将5对羽化2 d的未交配的雌、雄性小菜蛾置入养虫笼(60 cm×60 cm×60 cm)进行试验。在处理组和对照组中,叶盘被放置在养虫笼的对角线端。将6 cm叶盘置于待测溶液中浸渍60 s,以含有0.5% Triton-X100和0.5% DMSO的20%乙醇溶液和10 mg/mL的苦参碱作为对照。每个处理重复3次。24 h后,计算养虫笼中叶盘上的落卵量。

### 1.4 数据处理

使用SPSS 26.0软件对试验数据进行统计分析,图表利用Origin 2019进行绘制。数据用校正死亡率±标准误差(SE)的方法表示,利用Tukey检验( $P<0.05$ )分析校正死亡率、产卵忌避率的差异显著性。利用PROBIT拟合校正死亡率与供试药剂剂量的关系,计算毒力回归方程、致死中浓度(LC<sub>50</sub>)及95%置信区间<sup>[29]</sup>。

$$\text{死亡率} = \frac{\text{死亡卵(虫)数}}{\text{供试总卵(虫)数}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{校正死亡率} = (\text{处理组死亡率} - \text{对照组死亡率}) / (1 - \text{对照组死亡率}) \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{产卵忌避率} = (\text{对照组产卵数} - \text{处理组产卵数}) / \text{对照组产卵数} \times 100\% \quad (3)$$

## 2 结果与分析

### 2.1 植物提取物对小菜蛾卵的触杀效果

丁香、甘草、独活、赤芍、八角5种植物提取物对小菜蛾产后48 h卵的孵化均具有抑制作用,且校正死亡率与质量浓度呈正相关。在质量浓度为100 mg/mL时,丁香、甘草、赤芍、八角提取物对小菜蛾卵的校正死亡率均达到100%,独活提取物在100 mg/mL时,小菜蛾卵的校正死亡率为88.3%。当质量浓度为6.25 mg/mL时,丁香提取物对小菜蛾卵具有触杀活性,校正死亡率为46.7%,其次为赤芍提取物、独活提取物、八角提取物、甘草提取物,校正死亡率分别为41.7%、31.7%、23.3%、23.3%(表1)。5种植物提取物对小菜蛾卵的毒力大小依次为八角>赤芍>丁香>甘草>独活,LC<sub>50</sub>分别为7.57、9.00、9.57、16.16、20.42 mg/mL(表2)。阴性对照处理(0.5% Triton-X100和0.5% DMSO的20%乙醇溶液)的小菜蛾卵的校正死亡率为0%;阳性对照(10 mg/mL的苦参碱)处理后,卵的校正死亡率为100%。

表 1 5 种植物提取物对小菜蛾卵的校正死亡率  
Tab.1 Corrected mortality of five plant extracts against eggs of *Plutella xylostella* %

质量浓度/(mg/mL) Concentration	丁香 <i>Eugenia caryophyllata</i>	甘草 <i>Glycyrrhiza uralensis</i>	独活 <i>Angelica pubescens</i>	赤芍 <i>Paeonia lactiflora</i>	八角 <i>Illicium verum</i>
100	100.0±0.00a	100.0±0.00a	88.3±0.02a	100.0±0.00a	100.0±0.00a
50	98.3±0.02a	91.7±0.04a	65.0±0.03ab	93.3±0.02a	78.3±0.07a
25	96.7±0.02a	78.3±0.03a	56.7±0.04bc	93.3±0.02a	68.3±0.04ab
12.5	83.3±0.04a	31.7±0.03b	41.7±0.08bc	55.0±0.03b	43.3±0.08bc
6.25	46.7±0.13b	23.3±0.08b	31.7±0.06c	41.7±0.09b	23.3±0.11c
CK1	0	0	0	0	0
CK2	100.0±0.00a	100.0±0.00a	100.0±0.00a	100.0±0.00a	100.0±0.00a

注:表中CK1表示以含有0.5% Triton-X100和0.5% DMSO的20%乙醇溶液为对照,CK2表示以10 mg/mL的苦参碱作为对照。不同的小写字母表示不同植物提取物校正死亡率的差异显著(P<0.05)。下表同。

Note: CK1 represented the control that was 20% of ethanol solution containing 0.5% of triton-X100 and 0.5% of DMSO, and CK2 represented the control of 10 mg/mL of matrine. Different letters in the same column indicated significant difference at the P<0.05 level. The same as below.

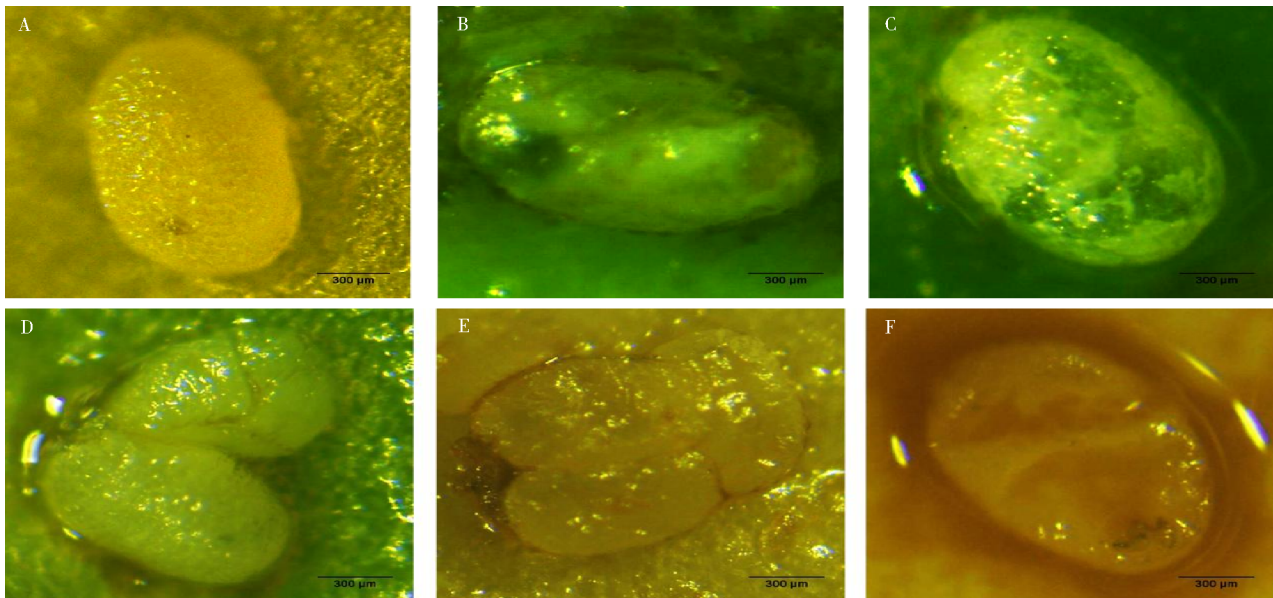
表 2 5 种植物提取物对小菜蛾卵的毒力  
Tab.2 Lethal effects of five plant extracts against eggs of *Plutella xylostella*

植物 Plant	回归方程 Regression equation	相关系数 Correlation coefficient	LC <sub>50</sub> /(mg/mL)	95% 置信区间/(mg/mL) 95% confidence interval
丁香 <i>Eugenia caryophyllata</i>	y=2.42-2.46x	-0.924	9.57	7.57~12.31
甘草 <i>Glycyrrhiza uralensis</i>	y=3.88-3.21x	-0.798	16.16	14.49~17.96
独活 <i>Angelica pubescens</i>	y=2.28-1.743x	-0.767	20.42	12.37~28.30
赤芍 <i>Paeonia lactiflora</i>	y=2.26-2.37x	-0.726	9.00	7.00~10.93
八角 <i>Illicium verum</i>	y=2.42-2.76x	-0.707	7.57	6.32~8.73

2.2 5种植物提取物对小菜蛾卵的形态发育影响

比较不同提取物对小菜蛾卵发育的影响。对照组:卵饱满,呈椭圆形,卵内器官开始形成,卵内黑点为头部结构,且头部发育正常(图1-A);赤芍提取物处理:卵壳内部出头部变大,呈畸形(图1-B)。独活提取物处理:可隐约看到卵内组织大量

黑色物质,无法分清头部结构(图1-C)。甘草提取物处理:卵壳不饱满,部分卵壳有凹陷现象(图1-D)。丁香提取物处理:卵壳均有凹陷,无法观察到小菜蛾头部,发育受阻(图1-E)。八角提取物处理:卵干瘪不饱满,可以观察到幼虫的黑色头部(图1-F)。



A~F. CK、赤芍、独活、甘草、丁香、八角

A~F. CK、*Paeonia lactiflora*、*Angelica pubescens*、*Glycyrrhiza uralensis*、*Eugenia caryophyllata*、*Illicium verum*

图 1 5 种植物提取物处理 2 d 后小菜蛾卵形态的变化  
Fig.1 Morphology of *Plutella xylostella* eggs treated with the five plant extracts for 2 d after application.

2.3 5种植物提取物对小菜蛾幼虫的毒杀效果

丁香、甘草、独活、赤芍、八角5种植物提取物对小菜蛾3龄幼虫具有显著的毒杀作用,杀虫活性随提取物质量浓度的升高而增强。植物提取物质量浓度在6.25 mg/mL时,5种植物提取物的杀虫效果与对照相比差异显著,丁香提取物杀虫效果较好,校正死亡率为36.7%,LC<sub>50</sub>为7.46 mg/mL;赤芍

提取物的校正死亡率为1.7%,LC<sub>50</sub>为54.67 mg/mL。植物提取物质量浓度为100 mg/mL时,5种植物提取物对小菜蛾幼虫的杀虫效果显著,校正死亡率均在90%以上(表3-4)。以含有0.5% Triton-X100和0.5% DMSO的20%乙醇溶液为阴性对照,其对小菜蛾幼虫的校正死亡率为0%;以10 mg/mL的苦参碱作为阳性对照,校正死亡率为95.0%。

表3 5种植物提取物对小菜蛾3龄幼虫的毒杀效果  
Tab.3 Toxicity effect of five plant extracts against 3<sup>rd</sup> instar larvae of *Plutella xylostella* %

质量浓度/(mg/mL) Concentration	丁香 <i>Eugenia caryophyllata</i>	甘草 <i>Glycyrrhiza uralensis</i>	独活 <i>Angelica pubescens</i>	赤芍 <i>Paeonia lactiflora</i>	八角 <i>Illicium verum</i>
100	100.0±0.00a	100.0±0.00a	93.3±0.02a	100.0±0.00a	100.0±0.00a
50	98.3±0.02a	98.3±0.02a	88.3±0.02a	46.7±0.04b	98.3±0.02a
25	93.3±0.02a	95.0±0.03a	55.0±0.06b	21.7±0.04c	88.3±0.08a
12.5	73.3±0.04b	33.3±0.04b	33.3±0.04c	13.3±0.06cd	61.7±0.09b
6.25	36.7±0.04c	13.3±0.06c	21.7±0.44c	1.7±0.02d	33.3±0.02c
CK1	0	0	0	0	0
CK2	95.0±0.00a	95.0±0.00a	95.0±0.00a	95.0±0.00a	95.0±0.00a

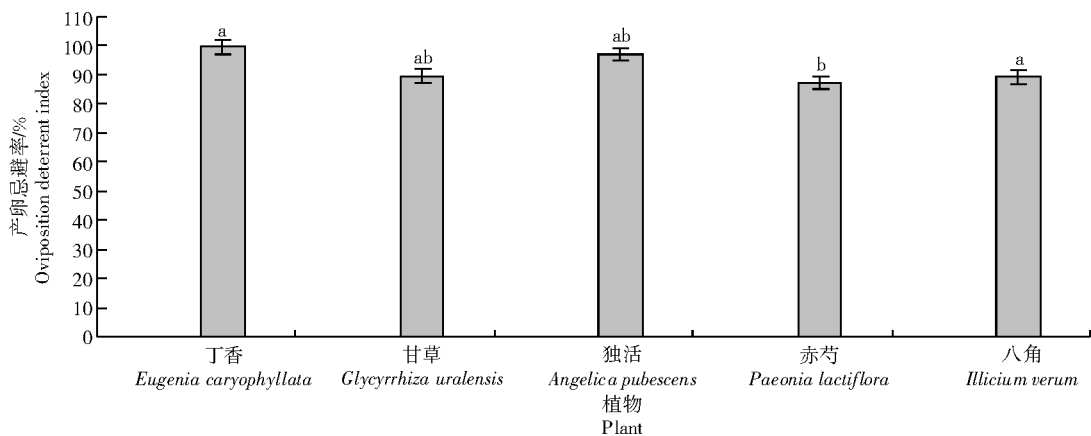
表4 5种植物提取物对小菜蛾3龄幼虫的毒力  
Tab.4 Lethal effects of five plant extracts against 3<sup>rd</sup> instar larvae of *Plutella xylostella*

植物 Plant	回归方程 Regression equation	相关系数 Correlation coefficient	LC <sub>50</sub> /(mg/mL)	95%置信区间/(mg/mL) 95% confidence interval
丁香 <i>Eugenia caryophyllata</i>	y=-3.37+3.86x	0.445	7.46	4.67~9.21
甘草 <i>Glycyrrhiza uralensis</i>	y=-6.19+5.48x	0.674	13.49	11.28~16.40
独活 <i>Angelica pubescens</i>	y=-3.69+2.80x	0.694	21.31	16.03~26.71
赤芍 <i>Paeonia lactiflora</i>	y=-8.41+4.84x	0.963	54.67	29.16~156.07
八角 <i>Illicium verum</i>	y=-2.54+2.55x	0.774	9.87	8.42~11.30

2.4 5种植物提取物对小菜蛾成虫的产卵忌避活性

丁香、甘草、独活、赤芍、八角5种植物的提取物均对小菜蛾成虫产卵有很强的忌避作用。当提

取物质量浓度为100 mg/mL时,对小菜蛾成虫的产卵忌避效果依次为丁香>八角>独活>甘草>赤芍,产卵忌避率分别为99.7%、99.3%、97.0%、89.6%、87.2%。



不同字母表示在P<0.05水平差异显著  
Different letters indicated significant difference at the P<0.05 level

图2 5种植物提取物(100 mg/mL)对小菜蛾成虫的产卵忌避率  
Fig.2 Oviposition-deterrent rate of 100 mg/mL of five plant extracts against adults of *P. xylostella*

### 3 结论与讨论

许多植物提取物具有杀卵、杀虫、驱避等多种作用,能够延缓害虫抗药性的发展,可用于害虫综合治理<sup>[8]</sup>。本研究测定了丁香、甘草、独活、赤芍、八角 5 种植物提取物对小菜蛾卵、幼虫以及成虫的生物活性,结果表明,5 种提取物对小菜蛾均有较强的触杀、胃毒、驱避活性。相比于已报道的植物源农药对小菜蛾的防治,如 100 g/L 半夏 *Pinellia ternate* 无水乙醇提取物<sup>[30]</sup>、250 g/L 温州蜜桔 *Citrus unshiu* 桔皮的乙醇提取物<sup>[31]</sup>、50 g/L 青花椰 *Zanthoxylum bungeanum* 水提取物<sup>[32]</sup>均对小菜蛾卵孵化具有抑制作用。本试验使用的丁香、赤芍、甘草、独活、八角提取物对小菜蛾卵孵化的抑制和毒杀活性显著,可作为小菜蛾绿色防控剂的材料来源。

丁香提取物和其成分丁香酚可能具有广谱、多模式的杀虫活性<sup>[33]</sup>。本试验中,丁香提取物对小菜蛾的卵、幼虫以及成虫均有显著的毒杀和产卵忌避效果,在 5 种提取物中效果最好。在 100 mg/mL 质量浓度处理下,卵和幼虫的校正死亡率均高达 100%,对成虫的产卵忌避率为 99.7%。此前研究表明,丁香提取物及其主要成分丁香酚(5 mg/mL)对斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* 的 3 龄幼虫具有毒杀作用<sup>[33]</sup>;对绿豆象 *Callosobruchus chinensis* 和玉米象 *Sitophilus zeamais* 具有触杀、驱避作用<sup>[34]</sup>;对赤拟谷盗卵的孵化有抑制作用,对赤拟谷盗成虫和幼虫具有毒杀作用<sup>[35]</sup>,与本研究中 6.25 mg/mL 丁香提取物对小菜蛾的卵、幼虫及成虫均有杀虫和驱避活性的结果一致,由此可以推测丁香提取物对害虫的卵、幼虫有杀虫活性、对成虫具有忌避活性,表明丁香提取物对害虫具有多作用模式。丁香提取物处理小菜蛾卵后,观察到卵壳表面干瘪并向内凹陷,卵表面覆盖油状物质,卵内未见器官形成,胚胎死亡。与 CORREIA 等<sup>[36]</sup>研究表明,印楝素可以干扰草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 胚胎发育,使其发育不完整的结果一致。此外,有研究报道,用灭幼脉处理黏虫卵后发现灭幼脉导致卵不能孵化的主要原因在于幼虫体壁及气管系统的形成受到严重抑制<sup>[37-38]</sup>。小菜蛾卵被丁香提取物浸渍后,卵表面覆盖的油状物质可能使卵的气孔受到抑制,从而导致小菜蛾卵未能正常发育孵化。

八角提取物对小菜蛾的毒杀也有显著效果,在质量浓度为 100 mg/mL 处理下,八角提取物对小菜蛾的卵、幼虫的校正死亡率均为 100%,对小菜蛾

成虫的产卵忌避率为 99.3%。研究发现,八角茴香正己烷、二氯甲烷浸提液对白背飞虱(*Sogatella furcifera*)有较好的杀虫活性,72 h 致死中浓度(LC<sub>50</sub>)分别为 0.59、0.46 μL/mL<sup>[39]</sup>,八角茴香油对赤拟谷盗成虫具有熏蒸活性,发现熏蒸 24 h 的校正死亡率可达到 100%<sup>[10]</sup>。本试验中的小菜蛾也为咀嚼式口器,而白背飞虱为刺吸式口器,由此猜测,八角提取物可能对刺吸式口器和咀嚼式的害虫均具有防治效果。八角挥发油中的主要成分反式茴香脑的熏蒸杀卵效果显著,它对黄粉虫(*Tenebrio molitor*)、螺旋蝇(*Cochliomyia hominivorax*)、白腹皮蠹(*Dermestes maculatus*)的卵显现出强烈的熏蒸毒杀活性<sup>[13,40-42]</sup>。因此,反式茴香脑通过熏蒸杀卵具有抑制种群扩大的作用。本研究表明,八角提取物对小菜蛾具有触杀、胃毒、驱避等活性,其主要活性成分是否为反式茴香脑有待进一步研究。八角提取物处理小菜蛾卵后,虽然未能中断卵胚胎发育,出现虫体轮廓,但直至死亡虫体也未能突破卵膜。与赵士文等<sup>[26]</sup>发现高效氯氟氰菊酯处理黏虫 *Mythimna separata* 卵的现象一致,他观察到黏虫卵内有虫体形成,但是头部畸形,与胸、腹部分节不明显,卵不能正常孵化,这可能因为处理导致卵对营养物质的吸收效率低下。

甘草和赤芍提取物对小菜蛾的毒杀效果仅次于丁香和八角提取物,对小菜蛾的卵、幼虫的 LC<sub>50</sub> 值分别为 16.16、9.00 mg/mL(卵)和 13.49、54.67 mg/mL(幼虫),对成虫的产卵忌避率分别为 89.6%、87.2%。有研究表明,苦豆子 *Sophora alopecuroides* 水醇提取物对南方根结线虫和花生根结线虫具有杀灭活性,质量浓度为 3 000 mg/L 苦豆子水醇提取物处理 48 h 后,线虫校正死亡率可达 94.4%,LC<sub>50</sub> 达 510.38 mg/L<sup>[43]</sup>。毛茛科植物多数为药用植物和有毒植物,含有多种生物碱<sup>[44]</sup>,研究发现,0.15% 的乌头乳油防治菜青虫(*Pieris rapae*)稀释 1 000、900、800 倍液施药 1 d 后校正防效分别为 71.7%、74.4%、79.1%<sup>[45]</sup>,表明了豆科植物甘草以及毛茛科植物赤芍可以作为防控害虫的植物材料。本研究明确了甘草和赤芍对小菜蛾具有杀虫活性,但其中杀虫成分对小菜蛾幼虫的杀虫机理尚未明确,需要进一步研究。在本研究中,观察到赤芍提取物处理后小菜蛾卵有虫体形成,但无法突破卵膜,卵壳表面有黄色油膜,这种表现可能是由赤芍提取物覆盖在卵表面使虫体缺氧死亡导致的。

本试验中,独活提取物对小菜蛾卵和幼虫的

LC<sub>50</sub> 值为 20.42、21.31 mg/mL。有研究表明,独活精油对斜纹夜蛾有拒食活性<sup>[46]</sup>;短毛独活对黏虫有拒食活性,其丙酮提取物对黏虫 3 龄幼虫 24 h 的拒食率为 100%<sup>[47]</sup>;对二斑叶螨 *Tetranychus urticae* 卵的 LC<sub>50</sub> 值为 1.53 μL/L<sup>[48]</sup>,相较于本试验中独活水醇提取物对小菜蛾的触杀结果,独活精油对斜纹夜蛾以及独活的丙酮提取物对二斑叶螨的拒食、触杀活性更加显著,可能由于精油活性更好或是提取物的溶剂不同。独活提取物处理后发现小菜蛾卵内物质出现溶解,无胚胎发育现象。推测可能由于独活提取物渗入卵内导致的。由此可见,独活提取物也可作为防治小菜蛾的植物源杀虫剂的材料。

本试验结果表明,丁香、赤芍、甘草、独活、八角提取物在小菜蛾防治中具有重要应用潜力,下一步将筛选丁香、赤芍、甘草、独活、八角提取物中对小菜蛾有生物活性的化合物,优化防治技术,以期开发出更加安全高效的植物源杀虫剂。

#### 参考文献:

- [1] FURLONG M J, WRIGHT D J, DOSDALL L M. Diamondback moth ecology and management: problems, progress, and prospects[J]. Annual Review of Entomology, 2013, 58: 517-541.
- [2] DOLMA S K, SURESH P S, SINGH P P, et al. Insecticidal activity of the extract, fractions, and pure steroidal saponins of *Trilium govanianum* Wall. ex D. Don for the control of diamondback moth (*Plutella xylostella* L.) and aphid (*Aphis craccivora* Koch)[J]. Pest Management Science, 2021, 77(2): 956-962.
- [3] JOURAKU A, KUWAZAKI S, MIYAMOTO K, et al. Ryanodine receptor mutations (G4946E and I4790K) differentially responsible for diamide insecticide resistance in diamondback moth, *Plutella xylostella* L.[J]. Insect Biochemistry and Molecular Biology, 2020, 118: 103308.
- [4] 刘静怡,袁瑞雪,刘呈瀚,等. 植物源杀虫剂在储粮害虫防治上的研究现状及展望[J]. 中国农学通报, 2022, 38(23): 121-128.  
LIU J Y, YUAN R X, LIU C H, et al. Status quo and prospect of research on botanical insecticides against stored grain pests[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2022, 38(23): 121-128.
- [5] LEGWAILA M M, MUNTHALI D C, OBOPILE M, et al. Effectiveness of spinosad against diamondback moth (*Plutella xylostella* L.) eggs and larvae on cabbage under Botswana conditions[J]. International Journal of Insect Science, 2014, 6: IJIS. S12531.
- [6] SOONWERA M, COTCHAKAEW N. Toxicity of several botanical essential oils and their combinations against females of *Aedes albopictus* (Skuse) and *Anopheles minimus* (Theobald): oviposition deterrent, ovicidal and adulticidal efficacies[J]. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 2019, 9(1): 29.
- [7] WIDIYANINGRUM P, INDRIYANTI D R, PRIYONO B, et al. Antifeedant effect of some medicinal plant extracts against rice weevil[J]. Pakistan Journal of Biological Sciences, 2020, 23(7): 953-958.
- [8] FERREIRA E A, FACA E C, DE SOUZA S A, et al. Anti-feeding and oviposition deterrent effect of *Ludwigia* spp. (Onagraceae) against *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae)[J]. Plant, 2022, 11(19): 2656.
- [9] 徐汉虹,赵喜欢,周俊,等. 八角茴香精油的杀虫活性与化学成分研究[J]. 植物保护学报, 1996, 23(4): 338-342.  
XU H H, ZHAO S H, ZHOU J, et al. Studies on insecticidal activity of the anise oil and analysis of its components[J]. Journal of Plant Protection, 1996, 23(4): 338-342.
- [10] 陆驰宇,史家浩,李绍勤. 13种植物精油和茴香脑对赤拟谷盗成虫熏蒸活性研究[J]. 中国粮油学报, 2014, 29(2): 72-75, 88.  
LU C Y, SHI J H, LI S Q. Fumigation activities of 13 kinds of essential oils and anethole against the adult of *Tribolium castaneum* (herbst)[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2014, 29(2): 72-75, 88.
- [11] 张惠丽,杨雨娟,李晓军. 丹参丙酮提取物对小菜蛾幼虫的致死和拒食作用[J]. 山西农业科学, 2017, 45(10): 1682-1685.  
ZHANG H L, YANG Y J, LI X J. Study on the repellent and antifeedant effects of *Salvia miltirrhiza* acetone extract toward the larvae of *Plutella xylostella*[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2017, 45(10): 1682-1685.
- [12] YANG Y T, SU Q, SHI L L, et al. Electrophysiological and behavioral responses of *Bradysia odoriphaga* (Diptera: Sciariidae) to volatiles from its host plant, Chinese chives (*Allium tuberosum* Rottler ex Spreng)[J]. Journal of Economic Entomology, 2019, 112(4): 1638-1644.
- [13] ZHANG H, CHEN G L, LÜ S Y, et al. Insecticidal activities against *Odontotermes formosanus* and *Plutella xylostella* and corresponding constituents of tung meal from *Vernicia fordii* [J]. Insects, 2021, 12(5): 425.
- [14] 徐汉虹,张志祥,程东美,等. 茼蒿素类似物对小菜蛾生物活性[J]. 天然产物研究与开发, 2000, 12(5): 17-22.  
XU H H, ZHANG Z X, CHENG D M, et al. Studies on bioactivities of spiro enol ether analogues against *Plutella xylostella*[J]. Natural Product Research and Development, 2000, 12(5): 17-22.
- [15] RUIZ C G L, COSTA M S, SEABRA S, et al. Production of natural insecticide on management of *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) in family farming[J]. Journal of Agricultural Science, 2021, 13(7): 47.
- [16] 张兴,马志卿,冯俊涛,等. 植物源农药研究进展[J]. 中国生物防治学报, 2015, 31(5): 685-698.  
ZHANG X, MA Z Q, FENG J T, et al. Review on research and development of botanical pesticides[J]. Chinese Journal of Biological Control, 2015, 31(5): 685-698.
- [17] 高全. 韭菜提取物杀虫活性及化学成分研究[D]. 合肥:安徽农业大学; 2018.  
GAO Q. The insecticidal activity and chemical composition of Chinese chive (*Allium tuberosum* Rottl. ex Spreng) extract[D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2018.
- [18] 吴兰军,李霜,谢佼昕,等. 绿薄荷茎和叶的乙醇提取物对小菜蛾拒食和产卵忌避活性的影响[J]. 植物保护学报, 2016, 43(6): 1007-1013.  
WU L J, LI S, XIE J X, et al. Effects of stem and leaf ethanol

- extracts from *Mentha spicata* L. on antifeeding and antioviposition of diamondback moth *Plutella xylostella* (L.) [J]. Journal of Plant Protection, 2016, 43(6):1007-1013.
- [19] 王静,刘贤武,李润唐,等. 几种桃金娘科植物提取液对黄曲跳甲趋避效果初探[J]. 南方农业, 2018, 12(30):37-38.  
WANG J, LIU X W, LI R T, et al. Preliminary study on the repellent effect of extracts from several Myrtaceae plants on flea beetle[J]. South China Agriculture, 2018, 12(30):37-38.
- [20] 梁亚萍. 紫穗槐果实杀虫活性物质及其作用机理研究[D]. 沈阳:沈阳农业大学, 2015.  
LIANG Y P. Research on insecticidal active substance from the seeds of *Amorpha fruticosa* and mechanism of action[D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2015.
- [21] PAVELA R, VRCHOTOVÁ N. Insecticidal effect of furanocoumarins from fruits of *Angelica archangelica* L. against larvae *Spodoptera littoralis* Boisid[J]. Industrial Crops and Products, 2013, 43:33-39.
- [22] 周利娟,田延琴,何江涛. 毛茛科植物的农药活性及成分[J]. 江西农业大学学报, 2017, 39(2):261-271.  
ZHOU L J, TIAN Y Q, HE J T. Pesticidal activities and active ingredients of Ranunculaceae plants[J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2017, 39(2):261-271.
- [23] 其木格. 环境友好型植物源农药的探索:有毒植物小花八角化学成分及其杀虫活性的研究[D]. 北京:中央民族大学, 2016.  
QI M G. Exploration of environmentally friendly botanical pesticides- study on chemical constituents and insecticidal activity of *Illicium verum*, a poisonous plant[D]. Beijing: Central University for Nationalities, 2016.
- [24] 郭兆将,康师,吴青君,等. 小菜蛾饲养技术与规范[J]. 应用昆虫学报, 2015, 52(2):492-497.  
GUO Z J, KANG S, WU Q J, et al. Technical specifications for the mass-rearing of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) [J]. Chinese Journal of Applied Entomology, 2015, 52(2):492-497.
- [25] RONGAI D, PULCINI P, PESCE B, et al. Antifungal activity of pomegranate peel extract against fusarium wilt of tomato[J]. European Journal of Plant Pathology, 2017, 147(1):229-238.
- [26] 赵士文,李梅梅,李伯辽,等. 五种药剂对黏虫卵的室内触杀效果及胚胎发育的影响[J]. 植物保护学报, 2019, 46(5):1045-1056.  
ZHAO S W, LI M M, LI B L, et al. Contact toxicity of five insecticides against oriental armyworm eggs and their effects on embryonic development of the armyworm[J]. Journal of Plant Protection, 2019, 46(5):1045-1056.
- [27] 李杨,韩君,于春雷,等. 七种杀虫剂对暗黑鳃金龟成虫和幼虫的毒力及田间防控效果[J]. 植物保护学报, 2012, 39(2):147-152.  
LI Y, HAN J, YU C L, et al. Toxicity and control effect of seven insecticides to *Holotrichia parallela* [J]. Journal of Plant Protection, 2012, 39(2):147-152.
- [28] YANG K, GONG X L, LI G C, et al. A gustatory receptor tuned to the steroid plant hormone brassinolide in *Plutella xylostella* (Lepidoptera:Plutellidae) [J]. eLife, 2020, 9:e64114.
- [29] SAKUMA M. Probit analysis of preference data[J]. Applied Entomology and Zoology, 1998, 33(3):339-347.
- [30] 李进步,方丽平,薛建平,等. 半夏提取物对小菜蛾产卵忌避和杀卵作用[J]. 中国中药杂志, 2010, 35(9):1108-1111.  
LI J B, FANG L P, XUE J P, et al. Effects of *Pinellia ternata* extracts on inhibiting of oviposition and ovidical action against *Plutella xylostella* [J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2010, 35(9):1108-1111.
- [31] 施英利,施祖华. 温州蜜桔桔皮提取物对小菜蛾成虫产卵忌避及杀卵作用[J]. 浙江农业学报, 2004, 16(2):88-91.  
SHI Y L, SHI Z H. Effects of orange peel extracts on inhibiting oviposition and ovidical action against diamondback moth, *Plutella xylostella* L [J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2004, 16(2):88-91.
- [32] 刘顺,何运转,赵媛,等. 青花椒提取物对小菜蛾的生物活性[J]. 中国农学通报, 2007, 23(9):427-430.  
LIU S, HE Y Z, ZHAO Y, et al. Bioactivity of extracts from *Zanthoxylum bungeanum* against *Plutella xylostella* [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2007, 23(9):427-430.
- [33] 曲晓,金启安,温海波,等. 丁香酚对斜纹夜蛾的杀虫活性研究[J]. 热带农业科学, 2011, 31(3):17-19, 37.  
QU X, JIN Q A, WEN H B, et al. Insecticidal activity of eugenol against *Spodoptera litura* fab [J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2011, 31(3):17-19, 37.
- [34] 刘丹. 丁香杀虫活性的初步研究[D]. 保定:河北农业大学, 2009.  
LIU D. Preliminary study on insecticidal activity of clove[D]. Baoding: Hebei Agricultural University, 2009.
- [35] 韩群鑫,罗俏华,陈幅仪,等. 丁香对赤拟谷盗卵和幼虫的致死作用[J]. 植物保护, 2006, 32(3):60-63.  
HAN Q X, LUO Q H, CHEN G Y, et al. Lethal effects of *Syzygium aromaticum* on the eggs and larvae of *Tribolium castaneum* [J]. Plant Protection, 2006, 32(3):60-63.
- [36] CORREIA A A, WANDERLEY - TEIXEIRA V, TEIXEIRA Á A C, et al. Microscopic analysis of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) embryonic development before and after treatment with azadirachtin, lufenuron, and deltamethrin [J]. Journal of Economic Entomology, 2013, 106(2):747-755.
- [37] 崔峰,徐洪富,宋红梅,等. 甜菜夜蛾胚胎发育的研究( I ):卵裂、胚盘、胚带的形成及胚层分化[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2004, 35(2):213-216.  
CUI F, XU H F, SONG H M, et al. Studies on the embryonic development of *Spodoptera exigua* (hübner) ( i ): cleavage, formation of blastoderm and germ band, and differentiation of germinal layers [J]. Journal of Shandong Agricultural University, 2004, 35(2):213-216.
- [38] 陈霏,弓惠芬,王进忠,等. 灭幼脲对粘虫不育作用的机理[J]. 昆虫学报, 1993, 36(4):396-408, 513-516.  
CHEN P, GONG H F, WANG J Z, et al. Mechanism of chemosterilization by diflubenzuron in armyworm [J]. Acta Entomologica Sinica, 1993, 36(4):396-408, 513-516.
- [39] 王淳静,项楚一,金路,等. 八角茴香浸提液对白背飞虱的取食、产卵选择性及杀虫活性的影响[J]. 植物保护学报, 2021, 48(4):907-913.  
WANG Z J, XIANG C Y, JIN L, et al. Effects of star anise *Illicium verum* extracts on feeding and ovipositional selectivity of

- white-backed rice planthopper *Sogatella furcifera* and their insecticidal activities[J]. Journal of Plant Protection, 2021, 48(4):907-913.
- [40] CHANG K S, AHN Y J. Fumigant activity of (E)-anethole identified in *Illicium verum* fruit against *Blattella germanica*[J]. Pest Management Science, 2002, 58(2):161-166.
- [41] CHANG C L, CHO I K, LI Q X. Insecticidal activity of basil oil, trans-anethole, estragole, and linalool to adult fruit flies of *Ceratitis capitata*, *Bactrocera dorsalis*, and *Bactrocera cucurbitae*[J]. Journal of Economic Entomology, 2009, 102(1):203-209.
- [42] PAVELA R. Acute, synergistic and antagonistic effects of some aromatic compounds on the *Spodoptera littoralis* Boisid. (Lep., Noctuidae) larvae[J]. Industrial Crops and Products, 2014, 60:247-258.
- [43] 郭云云. 苦豆子醇水提取物与甲维盐混配对南方根结线虫的生物活性[D]. 泰安:山东农业大学, 2012.
- GUO Y Y. The joint-toxicity measurement and bioactivity of the extracts collected by methyl alcohol from *Sophora alopecuroides* with emamectin benzoate on *Meloidogyne incognita* [D]. Taian:Shandong Agricultural University, 2012.
- [44] 陈小平, 崔永三, 赵博光. 毛茛科杀虫植物——乌头[J]. 中国森林病虫, 2006, 25(6):26-28.
- CHEN, S P, CUI, Y S, ZHAO, B G. Ranunculaceae pesticide plants-*Aconitum carmichaeli*[J]. Forest Pest and Disease, 2006, 25(6):26-28.
- [45] 蒋宏华, 王小平, 张德咏. 两种新型杀虫剂对菜青虫的防治效果[J]. 湖南农业科学, 2001(2):37-39.
- JIANG H H, WANG X P, ZHANG D Y. Control effect of two new insecticides on *Pieris rapae*[J]. Hunan Agricultural Sciences, 2001(2):37-39.
- [46] MANZOOMI N, GANBALANI G N, DASTJERDI H R, et al. Fumigant toxicity of essential oils of *Lavandula officinalis*, *artemisia dracunculus* and *Heracleum persicum* on the adults of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) [J]. Munis Entomology and Zoology, 2010, 5:118-122.
- [47] IZAKMEHRI K, SABER M, MEHRVAR A, et al. Lethal and sublethal effects of essential oils from *Eucalyptus camaldulensis* and *Heracleum persicum* against the adults of *Callosobruchus maculatus*[J]. Journal of Insect Science, 2013, 13(1):152.
- [48] SEDAGHAT M, DEHKORDI A S, ABAI M, et al. Larvicidal activity of essential oils of Apiaceae plants against malaria vector, *Anopheles stephensi*[J]. Iranian Journal of Arthropod-Borne Diseases, 2011, 5(2):51-59.

## 欢迎订阅《山西农业科学》

《山西农业科学》创刊于1961年,由山西农业大学(山西省农业科学院)主办的综合性农业学术期刊。现为中国科技核心期刊、RCCSE中国核心学术期刊(A-)、中国农林核心期刊(A类)、美国艾博思科(EBSCO)学术数据库全文收录期刊、英国《食品科技文摘》(FSTA)收录期刊、英国《国际农业与生物科学研究中心数据库(CABI)》和加拿大科睿唯安《乌利希期刊指南(网络版)》(Ulichswel)注册期刊。

主要栏目有生物技术、遗传育种、耕作与栽培、生理生化、资源与环境、植物保护、畜牧兽医、贮藏与加工、信息技术、综述等。主要服务对象为农业高等院校师生和农业科研机构研究人员。

双月刊,大16开本,160页码。每期定价8.00元,全年48.00元。国际刊号为ISSN 1002-2481,国内统一刊号为CN 14-1113/S,邮发代号为22-24。

欢迎订阅,欢迎投稿,欢迎关注!

邮编:030031 地址:山西省太原市龙城大街81号

E-mail:sxnykx@126.com sxnykx@sxau.edu.cn

电话:0351-7075565,7089783

网址:http://nykx.sxau.edu.cn



山西农业大学期刊中心



山西农业科学



微信视频