

# 18 种中草药提取物对褐飞虱和甜菜夜蛾的杀虫活性分析

李秀梅<sup>1,2</sup>, 方继朝<sup>1,\*</sup>

(1. 江苏省农业科学院植物保护研究所, 南京 210014; 2. 南京农业大学植物保护学院, 南京 210095)

**摘要:** 为了筛选对农产品和环境安全、对害虫高效的植物源杀虫剂, 分别采用喷雾法和饲毒法, 测定了 18 种中草药的 3 种溶剂(水、乙醇、石油醚)提取物对褐飞虱 *Nilaparvata lugens* Stål 的触杀活性和对甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* Hübner 的胃毒作用。结果表明, 各种提取物(0.8 g/mL)对甜菜夜蛾的胃毒作用不明显, 校正死亡率最高为 33.33%; 但对褐飞虱的杀虫活性较高, 其中百部、黄柏、榧子、生山栀、鹤虱、木香的乙醇或石油醚提取物, 对褐飞虱 3 龄若虫的 24 h 校正死亡率均在 80% 以上, 其石油醚提取物的 LC<sub>50</sub> 值依次为: 0.0826, 0.0455, 0.0145, 0.0047, 0.0038, 0.0033 g/mL。采用系统溶剂法分析发现, 木香和鹤虱的主要杀虫活性成分均在氯仿萃取物中, 表明其杀虫成分易溶于较弱极性溶剂中。进一步通过活性追踪法, 对鹤虱提取物的柱层析各流分的活性检测表明, 其杀虫活性成分的 Rf 值为 0.5556~0.5926。该研究为进一步纯化新型植物源杀虫物质并确定其分子结构, 从而开发其应用前景及发现新的杀虫活性先导化合物奠定了基础。

**关键词:** 中草药; 提取物; 鹤虱; 木香; 褐飞虱; 甜菜夜蛾; 杀虫活性

中图分类号: Q965.9 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2010)03-0298-09

## Insecticidal activity of extracts from eighteen Chinese traditional herbal plants against *Nilaparvata lugens* Stål (Homoptera: Delphacidae) and *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae)

LI Xiu-Mei<sup>1,2</sup>, FANG Ji-Chao<sup>1,\*</sup> (1. Institute of Plant Protection, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China; 2. College of Plant Protection, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

**Abstract:** In order to screen the environment friendly and highly effective insecticide of plant origin, we determined the contact toxicity of 52 extracts from 18 Chinese traditional herbal plants against the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål, by spray method and their stomach toxicity to *Spodoptera exigua*. The results showed that all the 52 extracts from the 18 Chinese traditional herbal plants separated with solvents of water, alcohol and petroleum ether had low activity to *S. exigua*, with the highest corrected mortality of only 33.33%. However, the extracts from *Stemona sessilifolia* Miq., *Phellodendron chinense* Schneid, *Torreya grandis* Fort, *Gardenia jasminoides* Ellis, *Lappula myosotis* Moench, and *Aucklandia lappa* Decne with solvents of alcohol or petroleum ether had high contact activity against the 3rd instar nymphs of *N. lugens*, with the corrected mortality of  $\geq 80\%$  at 24 h after treatment at 0.8 g/mL, and the LC<sub>50</sub> values of their petroleum ether extracts were 0.0826, 0.0455, 0.0145, 0.0047, 0.0038, and 0.0033 g/mL, respectively. The bioassay results of systematic solvent extraction from the extracts showed that the insecticidal components of *A. lappa* and *L. myosotis* were predominantly present in the chloroform isolation, suggesting that their insecticidal activity components can dissolve in low-polar solvents. By tracking bioactivity of each fraction of the extract from *L. myosotis* with column chromatography, we found that the Rf limit of the main insecticidal components in the plant was 0.5556–0.5926. This study lays the foundation for purification and confirmation of new insecticidal compounds from plants, including developing their application prospect and detecting novel insecticidal lead compounds.

**Key words:** Chinese traditional herbal plants; extract; *Lappula myosotis*; *Aucklandia lappa*; *Nilaparvata lugens*; *Spodoptera exigua*; insecticidal activity

基金项目: 国家重点基础研究项目(2010CB126100); 公益性行业(农业)科研专项(200803003); 江苏省农业科技创新资金重点项目(cx-08-606)

作者简介: 李秀梅, 女, 1983 年生, 安徽界首人, 硕士, 从事农业害虫防治研究, Tel.: (025)84390395; E-mail: lyf0558@163.com

\* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: fangjc@jaas.ac.cn

收稿日期 Received: 2009-10-22; 接受日期 Accepted: 2010-02-18

褐飞虱 *Nilaparvata lugens* Stål 是水稻主要害虫,也是迁飞性害虫,具有突发性、隐蔽性和毁灭性等为害特点(Watanabe and Kitagawa, 2000)。自 1982 年以来,在我国就有 8 次大发生,对水稻生产造成严重危害。甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* Hübner 是主要的蔬菜害虫,由于其食量大、食性杂,危害多种蔬菜(牛成伟等, 2006; 刘永杰等, 2007)。在害虫的应急防控措施中化学防治一直占据主要位置,但长期大量使用化学药剂不仅使生态环境失衡,而且使许多害虫对化学药剂产生了抗药性,导致害虫防治更加困难。如上世纪 90 年代吡虫啉是公认的防治稻飞虱高效杀虫剂,但 10 多年后的今天,吡虫啉在我国大多数稻区对褐飞虱的防效均较差,已不推荐使用。随着人们对环境、可持续发展、食品安全等问题的重视,对植物源农药的开发已提上日程。植物源农药较化学农药,具有源于自然、易降解、不浓缩富集、无残留污染等优点,且其有效成分的种类多,是自然的混配复合剂,对害虫的作用方式多样,因而害虫不易产生抗性,对非靶标生物亦比较安全要(Haque *et al.*, 2000; Bekele and Hassanali, 2001; Fields *et al.*, 2001; Tapondjou *et al.*, 2002)。

目前,世界各国对 3 000 多种植物的杀虫活性进行了研究,其中不乏传统中药(丁伟等, 2003),主要包括楝科植物(Meliaceae)印楝、川楝、苦楝,菊科(Compositae)的除虫菊,豆科(Leguminosae)的鱼藤、苦豆子等,杜鹃花科(Ericaceae)的黄杜鹃,卫矛科(Celastraceae)的雷公藤、苦皮藤,唇形科(Labiatae)植物,瑞香科(Thymelaeaceae)植物瑞香狼毒等,国内外报道中药提取物对害虫或螨具有生物活性的还有百部、毒藜、大黄、藜芦、苦参、银杏等,其中印楝、川楝、苦楝、除虫菊、鱼藤、雷公藤、苦皮藤等植物提取液已商业化生产,用于仓储、蔬菜及大田作物害虫防治(Ho *et al.*, 1996; 姚英娟等, 2004, 2005)。有研究发现印楝素液对鳞翅目害虫有较好的杀虫活性(Leskovar and Boales, 1996);印楝素乳油 0.005 mL/L 处理对成虫的忌避率为 78.3%,对幼虫的选择性和非选择性拒食率分别为 71.8% 和 62.9%(侯有明等, 2002)。

目前植物源农药的开发途径主要有两种:一是

以资源植物生物活性提取物为原料生产农药;二是从植物中寻找新的农药活性先导化合物,进行仿生合成,研究筛选出具有商品化价值的新农药。第二种方式是当前国内外植物源农药研究开发的重点,也是我国植物源农药研究发展的主要方向。我国植物资源丰富,种类繁多,杀虫植物的应用历史悠久。因此,我国在植物源杀虫剂的开发利用上有巨大的潜力。寻找新的杀虫植物资源是开发研究植物源杀虫剂的基础,本研究参考 Nathan 等(2007)的方法,采用水、乙醇、石油醚等不同极性溶剂浸渍提取 18 种中草药,通过生物测定筛选具有较好杀虫活性的中药植物,并对活性较高的中草药杀虫成分进行初步分析,以期获得新的杀虫植物资源,为开发研究新型杀虫剂奠定基础。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

1.1.1 供试昆虫:褐飞虱 *N. lugens* 和甜菜夜蛾 *S. exigua* 均为室内连续饲养多代的敏感品系。试验时,挑选发育正常、整齐一致的 3 龄若虫或幼虫备用。

1.1.2 供试中药植物:供试中草药名录见表 1。百部、槟榔、薄荷、榧子、鹤虱、花椒、黄柏、苦楝皮、苦参、雷丸、芦荟、龙胆草、木香、生大黄、生山栀、石榴皮、仙鹤草、吴茱萸等 18 种中药材,均购自南京同仁堂药店,经充分干燥后,用中药粉碎机粉碎,制成粗粉备用。

### 1.2 活性成分的提取

1.2.1 中药粗提取物的制备:取 100 g 中药粗粉放入 1 000 mL 三角瓶中,分别用 250 mL 的蒸馏水、乙醇、石油醚 3 种不同极性的溶剂在室温下浸泡 15 d。然后用布什漏斗过滤,再用旋转蒸发器蒸干溶剂,即获得油状或浆状的中药粗提取物,保存于 4℃ 冰箱中供筛选和毒力测定使用。

1.2.2 中药活性组分萃取分离:在 30~40℃ 水浴条件下用蒸馏水将木香和鹤虱的中药提取物溶解,分别用等体积的石油醚、氯仿、乙酸乙酯、正丁醇萃取 3 次,合并同种溶剂的萃取液并蒸干溶剂,得到油状或者膏状物质即为中药的有机溶剂萃取物,保存于 4℃ 冰箱中,供生物测定使用。

表 1 试验用 18 种供试中草药名录

Table 1 Lists of 21 species of Chinese traditional herbal plants used in this study

| 科名<br>Family       | 植物种名<br>Plant species                | 使用部位<br>Tested parts | 科名<br>Family            | 植物种名<br>Plant species             | 使用部位<br>Tested parts               |
|--------------------|--------------------------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| 百部科<br>Stemonaceae | 百部<br><i>Stemona sessilifolia</i>    | 干燥块根<br>Dried root   | 龙胆科<br>Gentianaceae     | 龙胆草<br><i>Gentiana manshurica</i> | 干燥根及根茎<br>Dried root and rootstalk |
| 棕榈科<br>Palmae      | 槟榔<br><i>Areca catectu</i>           | 种子<br>Seed           | 菊科<br>Compositae        | 木香<br><i>Aucklandia lappa</i>     | 根<br>Root                          |
| 唇形科<br>Lamiaceae   | 薄荷<br><i>Mentha haplocalyx</i>       | 植株<br>Plant          | 蓼科<br>Polygonaceae      | 生大黄<br><i>Rheum officinale</i>    | 根<br>Root                          |
| 红豆杉科<br>Taxaceae   | 榧子<br><i>Torreya grandis</i>         | 种子<br>Seed           | 茜草科<br>Rubiaceae        | 梔子<br><i>Gardenia jasminoides</i> | 成熟果实<br>Ripe fruit                 |
| 菊科<br>Compositae   | 天门精<br><i>Carpesium abrotanoides</i> | 果实<br>Fruit          | 石榴科<br>Punicaceae       | 石榴<br><i>Punica granatum</i>      | 果皮<br>Pericarp                     |
| 芸香科<br>Rutaceae    | 花椒<br><i>Zanthoxylum bungeanum</i>   | 种子<br>Seed           | 爵床科<br>Acanthaceae      | 仙鹤草<br><i>Agrimonia pilosa</i>    | 地上部分<br>Overground part            |
| 芸香科<br>Rutaceae    | 黄檗<br><i>Phellodendron amurense</i>  | 韧皮部<br>Phloem        | 芸香科<br>Rutaceae         | 吴茱萸<br><i>Evodia rutaecarpa</i>   | 近成熟果实<br>Nearly ripe fruit         |
| 楝科<br>Meliaceae    | 苦楝<br><i>Melia azedarach</i>         | 韧皮部<br>Phloem        | 白蘑科<br>Tricholomataceae | 雷丸<br><i>Omphalia lapidescens</i> | 干燥菌核<br>Dried sclerotium           |
| 豆科<br>Leguminosae  | 苦参<br><i>Sophora flavescens</i>      | 根<br>Root            | 百合科<br>Liliaceae        | 芦荟<br><i>Aloe vera</i>            | 地上部分<br>Overground part            |

**1.2.3 鹤虱活性组分萃取物的柱层析分离:**取鹤虱的氯仿萃取物,用少量氯仿溶解,吸附在适量的硅胶上进行吸附层析。选用 200~300 目硅胶为吸附剂,用石油醚:乙酸乙酯(3:1)进行洗脱,采用湿法装柱,每份 300 mL,收集流分并编号,经 TLC 检测,合并相邻流份中含有相同 Rf 值洗脱物的流分,将流分 1~4 合并为组分 L1,5~6 合并为 L2,7~8 合并为 L3,9~11 合并为 L4,12~18 合并为 L5,19~36 合并为 L6,37~54 合并为 L7,55~72 合并为 L8。再分别经旋转蒸发后,保存于 4℃ 冰箱中,供柱层析物的杀虫活性测定使用(姚英娟,2005)。

### 1.3 杀虫活性的生物测定

**1.3.1 对褐飞虱的触杀活性测定:**采用喷雾法。待稻苗长到 7 d 后,在每个杯子中接入 10 头 3 龄试虫,每个处理设 4 个重复,然后用 Potter 喷雾塔喷雾。处理后置人工气候箱内(28±1℃,L:D=16:8)观察。分别于处理后 24,48,72,96,120 h 检查结果,根据死亡率判断各中药提取物对褐飞虱的杀虫活性。以毛笔触动试虫的足和触角等附肢,完全不动视为死亡。百部等 6 种中药的石油醚提取物对褐飞虱毒力测定时,取一定量中药提取物样品,用微量(提取物体积的 1%)石油醚溶解,然后加入 Triton X-100,

再用蒸馏水将样品稀释成 5 个系列浓度,以不含提取物的处理(含 Triton X-100)为对照,于 24 和 48 h 后检查死虫数。

**1.3.2 对甜菜夜蛾 3 龄幼虫胃毒作用测定:**采用饲料载毒法。将饲料切成大小一致放入 24 孔板里,再往饲料里加入 15 μL 中药提取物,待其完全渗入饲料后,每孔接入 1 头 3 龄幼虫,每个处理 24 头试虫,重复 4 次。分别于 24,48,72,96,120 h 后检查结果。以幼虫身体发僵、触及全身不动者视为死亡。以未加入任何中草药提取物的饲料作为对照。

### 1.4 数据统计与分析

校正死亡率用 Abbott 公式计算。毒力回归方程、致死中浓度(LC<sub>50</sub>)用 DPS v 7.05 计算。相对毒力,以最大 LC<sub>50</sub> 的药剂相对毒力为 1,其他各药剂 LC<sub>50</sub> 值除以该药剂的 LC<sub>50</sub> 值计算可得(覃柳燕,2006)。数据用 Tukey 测验在 DPS v 7.05 统计分析软件上进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 18 种中草药提取物对褐飞虱的触杀活性

采用喷雾法测定了 18 种中药植物的不同溶剂提取物对褐飞虱的触杀活性,结果表明:18 种中

草药的非水溶性(乙醇、石油醚)提取物均比其水溶性提取物的杀虫活性高;其中,非水溶性提取物 24 h 校正死亡率均大于 80% 的有 6 种中药植物,即百部、榧子、鹤虱、黄柏、木香、生山栀;校正死亡率为 50% ~ 80% 的中药植物提取物有 4 种,即槟榔、花椒、苦参、仙鹤草;其余 8 种中药植物的非水溶性提取物的校正死亡率在 50% 以下;而水溶性提取物除百部、木香的提取物校正死亡率达到 50% 以上,其余均在 50% 以下。说明了百部、榧子、鹤虱、黄柏、木香、生山栀的非水溶性提取物对褐飞虱 3 龄若虫的触杀效果较好,其中鹤虱、黄柏不但活性高,而且杀虫速度快,24 h 内将供试褐飞虱若虫全部杀死。

由表 2、表 3 可知,18 种中草药的 52 种提取物对褐飞虱的触杀效果均比对甜菜夜蛾的胃毒作用

明显。另外,从表 2 可知,52 种中药非水溶性提取物均优于水溶性提取物,非水溶性提取物中乙醇提取物的杀虫活性低于石油醚的,乙醇的极性介于水和石油醚之间,其提取物成分通常较多且复杂;而石油醚非极性较强,提取的物质较单一,易于以后进一步的分析;此外,百部、榧子、鹤虱、黄柏、木香、生山栀的石油醚提取物对褐飞虱 3 龄若虫的触杀效果最好。因此,对这 6 种中药的石油醚提取物的生物活性大小作了进一步的比较。

## 2.2 18 种中草药提取物对甜菜夜蛾的胃毒作用

52 种提取物对甜菜夜蛾的胃毒作用测定结果(表 3)表明,仅有百部、木香的非水溶性提取物对甜菜夜蛾的胃毒作用较好,明显高于其他提取物,5 d 后校正死亡率为 33.33%,而其他中草药提取物的校正死亡率普遍较低,甚至为 0。

表 2 18 种中草药提取物对褐飞虱 3 龄若虫的触杀活性

Table 2 Contact activity of extracts of 18 Chinese traditional herbal plants to the 3rd instar nymphs of *Nilaparvata lugens*

| 科名 Plant family | 种名 Plant species                | 溶剂 Extract solvent  | 处理不同时间的校正死亡率(%)                                       |        |        |        |                  |
|-----------------|---------------------------------|---------------------|---|--------|--------|--------|------------------|
|                 |                                 |                     | Corrected mortality at different time after treatment |        |        |        |                  |
|                 |                                 |                     | 24 h  | 48 h   | 72 h   | 96 h   | 120 h            |
| 百部科 Stemonaceae | 百部 <i>Stemona sessilifolia</i>  | 水 Water             | 60.53   | 78.92  | 84.21  | 84.21  | 84.21 ± 4.59 de  |
|                 |                                 | 乙醇 Ethanol          | 100.00  | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 ± 0.00 a  |
|                 |                                 | 石油醚 Petroleum ether | 100.00  | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 ± 0.00 a  |
| 棕榈科 Palmae      | 槟榔 <i>Areca catectu</i>         | 水 Water             | 42.11   | 44.73  | 44.73  | 44.73  | 44.73 ± 0.52 hi  |
|                 |                                 | 乙醇 Ethanol          | 72.97   | 75.68  | 78.38  | 78.38  | 81.08 ± 1.38 de  |
|                 |                                 | 石油醚 Petroleum ether | 100.00  | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 ± 0.00 a  |
| 唇形科 Lamiaceae   | 薄荷 <i>Mentha haplocalyx</i>     | 水 Water             | 10.53   | 10.53  | 10.53  | 15.79  | 15.79 ± 1.29 pq  |
|                 |                                 | 乙醇 Ethanol          | 13.51   | 13.51  | 13.51  | 16.22  | 16.22 ± 0.66 opq |
|                 |                                 | 石油醚 Petroleum ether | 100.00  | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 ± 0.00 a  |
| 红豆杉科 Taxaceae   | 榧子 <i>Torreya grandis</i>       | 水 Water             | 18.42   | 18.42  | 23.68  | 23.68  | 23.68 ± 1.29 mno |
|                 |                                 | 乙醇 Ethanol          | 100.00  | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 ± 0.00 a  |
|                 |                                 | 石油醚 Petroleum ether | 97.37   | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 ± 0.53 ab |
| 菊科 Compositae   | 鹤虱 <i>Lappula myosotis</i>      | 水 Water             | 13.16   | 26.3   | 31.58  | 34.21  | 34.21 ± 3.96 klm |
|                 |                                 | 乙醇 Ethanol          | 100.00  | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 ± 0.00 a  |
|                 |                                 | 石油醚 Petroleum ether | 100.00  | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 ± 0.00 a  |
|                 | 木香 <i>Aucklandia lappa</i>      | 水 Water             | 52.63   | 55.26  | 63.16  | 65.79  | 65.79 ± 2.75 g   |
|                 |                                 | 乙醇 Ethanol          | 81.08   | 81.08  | 81.08  | 81.08  | 83.78 ± 0.54 cd  |
|                 |                                 | 石油醚 Petroleum ether | 100.00  | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 ± 0.00 a  |
| 芸香科 Rutaceae    | 花椒 <i>Zanthoxylum bungeanum</i> | 水 Water             | 7.89  | 10.53  | 13.16  | 15.79  | 18.42 ± 1.87 opq |
|                 |                                 | 乙醇 Ethanol          | 64.86   | 67.57  | 67.57  | 67.57  | 67.57 ± 0.54 fg  |
|                 |                                 | 石油醚 Petroleum ether | 100.00  | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 ± 0.00 a  |

续表 2 Table 2 continued

| 科名 Plant family      | 种名 Plant species                  | 溶剂 Extract solvent  | 处理不同时间的校正死亡率(%)                                       |        |        |        |                  |
|----------------------|-----------------------------------|---------------------|---|--------|--------|--------|------------------|
|                      |                                   |                     | Corrected mortality at different time after treatment |        |        |        |                  |
|                      |                                   |                     | 24 h  | 48 h   | 72 h   | 96 h   | 120 h            |
|                      | 黄柏 <i>Phellodendron chinense</i>  | 水 Water*            |   |        |        |        |                  |
|                      |                                   | 乙醇 Ethanol          | 100.00  | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 ± 0.00 a  |
|                      |                                   | 石油醚 Petroleum ether | 100.00  | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 ± 0.00 a  |
|                      | 吴茱萸 <i>Fructus evodiae</i>        | 水 Water*            |   |        |        |        |                  |
|                      |                                   | 乙醇 Ethanol          | 35.14   | 35.14  | 35.14  | 37.84  | 37.84 ± 0.66 jk  |
|                      |                                   | 石油醚 Petroleum ether | 100.00  | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 ± 0.00 a  |
| 楝科 Meliaceae         | 苦楝 <i>Melia azedarach</i>         | 水 Water             | 5.26  | 5.26   | 10.53  | 10.53  | 13.16 ± 1.58 qr  |
|                      |                                   | 乙醇 Ethanol          | 35.14   | 37.84  | 37.84  | 37.84  | 37.84 ± 0.57 ij  |
|                      |                                   | 石油醚 Petroleum ether | 100.00  | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 ± 0.00 a  |
| 豆科 Leguminosae       | 苦参 <i>Sophora flavescens</i>      | 水 Water             | 26.32   | 28.95  | 28.95  | 34.21  | 34.21 ± 1.58 jkl |
|                      |                                   | 乙醇 Ethanol          | 71.17   | 71.17  | 71.17  | 71.17  | 71.17 ± 0.00 ef  |
|                      |                                   | 石油醚 Petroleum ether | 97.37   | 97.37  | 97.37  | 97.37  | 97.37 ± 0.00 ab  |
| 白蘑科 Tricholomataceae | 雷丸 <i>Omphalia lapidescens</i>    | 水 Water             | 10.53   | 10.53  | 10.53  | 10.53  | 10.53 ± 0.00 pqr |
|                      |                                   | 乙醇 Ethanol          | 24.32   | 24.32  | 24.32  | 24.32  | 24.32 ± 0.00 lmn |
|                      |                                   | 石油醚 Petroleum ether | 97.37   | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 ± 0.53 a  |
| 百合科 Liliaceae        | 芦荟 <i>Aloe vera</i>               | 水 Water             | 7.89  | 7.89   | 13.16  | 15.79  | 18.42 ± 2.10 pq  |
|                      |                                   | 乙醇 Ethanol          | 29.73   | 35.14  | 35.14  | 35.14  | 37.84 ± 1.32 jk  |
|                      |                                   | 石油醚 Petroleum ether | 100.00  | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 ± 0.00 a  |
| 龙胆科 Gentianaceae     | 龙胆草 <i>Gentiana manshurica</i>    | 水 Water             | 26.32   | 28.95  | 34.21  | 34.21  | 34.21 ± 1.66 jkl |
|                      |                                   | 乙醇 Ethanol          | 13.51   | 24.32  | 27.03  | 27.03  | 29.73 ± 2.84 lmn |
|                      |                                   | 石油醚 Petroleum ether | 100.00  | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 ± 0.00 a  |
| 蓼科 Polygonaceae      | 生大黄 <i>Rheum officinale</i> Baill | 水 Water             | 10.53   | 13.16  | 15.79  | 23.68  | 31.58 ± 3.85 nop |
|                      |                                   | 乙醇 Ethanol          | 43.24   | 43.24  | 48.65  | 48.65  | 48.65 ± 1.33 h   |
|                      |                                   | 石油醚 Petroleum ether | 97.37   | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 ± 0.53 a  |
| 茜草科 Rubiaceae        | 生山梔 <i>Gardenia jasminoides</i>   | 水 Water             | 28.95   | 28.95  | 31.58  | 31.58  | 34.21 ± 0.98 jkl |
|                      |                                   | 乙醇 Ethanol          | 89.19   | 91.89  | 91.89  | 91.89  | 91.89 ± 0.54 ab  |
|                      |                                   | 石油醚 Petroleum ether | 97.37   | 97.37  | 100.00 | 100.00 | 100.00 ± 0.64 a  |
| 石榴科 Puniceae         | 石榴 <i>Punica granatum</i>         | 水 Water             | 5.26  | 5.26   | 10.53  | 18.42  | 18.42 ± 2.95 pqr |
|                      |                                   | 乙醇 Ethanol          | 27.03   | 40.54  | 40.54  | 43.24  | 43.24 ± 3.03 hij |
|                      |                                   | 石油醚 Petroleum ether | 89.47   | 89.47  | 89.47  | 89.47  | 89.47 ± 0.00 bc  |
| 爵床科 Acanthaceae      | 仙鹤草 <i>Herba agrimoniae</i>       | 水 Water             | 0.00  | 2.63   | 2.63   | 5.26   | 7.89 ± 1.34 r    |
|                      |                                   | 乙醇 Ethanol          | 70.27   | 75.68  | 75.68  | 75.68  | 75.68 ± 1.08 def |
|                      |                                   | 石油醚 Petroleum ether | 97.37   | 97.37  | 97.37  | 97.37  | 97.37 ± 0.00 ab  |

实验所用剂量为 0.8 g/mL; 校正死亡率数据为 4 次重复平均数; 表中数据为平均值 ± 标准误; 同列数据后标有不同字母者表示在 5% 水平上差异显著 (DMRT), 下同。\* 经查资料表明, 吴茱萸和黄柏成份绝大部分为脂溶性物质, 水浸渍中药植物, 其水溶性提取物很少甚至没有。The dose is 0.8 g/mL. Corrected mortality represents the mean value of four independent experiments performed in duplicate. Data in the table are mean ± SE. Different letters in a column indicate significant difference between samples (*t*-test,  $P < 0.05$ ). The same below. \* Previous studies demonstrated that the major constituents of *Fructus evodiae* and *Phellodendron chinense* are lipid soluble, and there are no or almost no water soluble extracts.

表 3 18 种中药提取物对甜菜夜蛾 3 龄幼虫的胃毒作用

Table 3 Stomach activity of extracts of 18 Chinese traditional herbal plants to the 3rd larvae of *Spodoptera exigua*

| 科名 Plant family      | 种名 Plant species                 | 溶剂 Extract solvent  | 不同时间的校正死亡率(%)   |       |       |       |                   |
|----------------------|----------------------------------|---------------------|---|-------|-------|-------|-------------------|
|                      |                                  |                     | Corrected mortality at different time after treatment |       |       |       |                   |
|                      |                                  |                     | 24 h  | 48 h  | 72 h  | 96 h  | 120 h             |
| 百部科 Stemonaceae      | 百部 <i>Stemona sessilifolia</i>   | 水 Water             | 0.00  | 4.16  | 4.16  | 8.33  | 20.83 ± 2.40 abc  |
|                      |                                  | 乙醇 Ethanol          | 25.00   | 25.00 | 25.00 | 33.33 | 33.33 ± 2.40 a    |
|                      |                                  | 石油醚 Petroleum ether | 4.16  | 4.16  | 12.50 | 12.50 | 33.34 ± 4.17 a    |
| 棕榈科 Palmae           | 槟榔 <i>Areca catectu</i>          | 水 Water             | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00 ± 0.00 e     |
|                      |                                  | 乙醇 Ethanol          | 20.83   | 20.83 | 25.00 | 25.00 | 25.00 ± 2.41 ab   |
|                      |                                  | 石油醚 Petroleum ether | 12.50   | 12.50 | 25.00 | 25.00 | 25.00 ± 4.81 ab   |
| 唇形科 Lamiaceae        | 薄荷 <i>Mentha haplocalyx</i>      | 水 Water             | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 4.16  | 4.16 ± 0.00 de    |
|                      |                                  | 乙醇 Ethanol          | 4.16  | 4.16  | 4.16  | 4.16  | 4.16 ± 2.40 de    |
|                      |                                  | 石油醚 Petroleum       | 4.16  | 8.33  | 8.33  | 8.33  | 8.33 ± 0.00 cde   |
| 红豆杉科 Taxaceae        | 榧子 <i>Torreya grandis</i>        | 水 Water             | 4.16  | 4.16  | 4.16  | 8.33  | 8.33 ± 2.41 cde   |
|                      |                                  | 乙醇 Ethanol          | 4.16  | 8.33  | 8.33  | 8.33  | 8.33 ± 4.17 cde   |
|                      |                                  | 石油醚 Petroleum ether | 8.33  | 8.33  | 8.33  | 12.50 | 12.50 ± 0.00 bede |
| 菊科 Compositae        | 鹤虱 <i>Lappula myosotis</i>       | 水 Water             | 4.16  | 4.16  | 4.16  | 8.33  | 8.33 ± 0.00 cde   |
|                      |                                  | 乙醇 Ethanol          | 0.00  | 8.33  | 12.50 | 16.67 | 16.67 ± 0.00 bed  |
|                      |                                  | 石油醚 Petroleum ether | 4.16  | 8.33  | 16.67 | 16.67 | 16.68 ± 2.40 bcd  |
|                      | 木香 <i>Aucklandia lappa</i>       | 水 Water             | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 8.33 ± 2.41 cde   |
|                      |                                  | 乙醇 Ethanol          | 4.16  | 4.16  | 4.16  | 8.33  | 4.16 ± 2.40 de    |
|                      |                                  | 石油醚 Petroleum ether | 8.33  | 16.67 | 16.67 | 33.33 | 33.32 ± 2.40 a    |
| 芸香科 Rutaceae         | 花椒 <i>Zanthoxylum bungeanum</i>  | 水 Water             | 4.16  | 4.16  | 8.33  | 8.33  | 8.33 ± 0.00 cde   |
|                      |                                  | 乙醇 Ethanol          | 4.16  | 8.33  | 16.67 | 16.67 | 16.67 ± 0.00 bed  |
|                      |                                  | 石油醚 Petroleum ether | 0.00  | 8.33  | 8.33  | 16.67 | 16.67 ± 2.40 bcd  |
|                      | 黄柏 <i>Phellodendron chinense</i> | 水 Water             |   |       |       |       | 0.00 ± 0.00 e     |
|                      |                                  | 乙醇 Ethanol          | 4.16  | 4.16  | 4.16  | 4.16  | 4.16 ± 0.00 de    |
|                      |                                  | 石油醚 Petroleum ether | 8.33  | 8.33  | 16.67 | 16.67 | 16.67 ± 2.40 bcd  |
|                      | 吴茱萸 <i>Fructus evodiae</i>       | 水 Water             |   |       |       |       | 0.00 ± 0.00 e     |
|                      |                                  | 乙醇 Ethanol          | 4.16  | 4.16  | 8.33  | 8.33  | 8.33 ± 0.00 cde   |
|                      |                                  | 石油醚 Petroleum ether | 4.16  | 8.33  | 8.33  | 12.50 | 12.50 ± 2.41 bede |
| 楝科 Meliaceae         | 苦楝 <i>Melia azedarach</i>        | 水 Water             | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00 ± 0.00 e     |
|                      |                                  | 乙醇 Ethanol          | 4.16  | 4.16  | 4.16  | 8.33  | 8.33 ± 2.41 cde   |
|                      |                                  | 石油醚 Petroleum ether | 4.16  | 4.16  | 8.33  | 8.33  | 12.50 ± 2.41 bede |
| 豆科 Leguminosae       | 苦参 <i>Sophora flavescens</i>     | 水 Water             | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00 ± 0.00 e     |
|                      |                                  | 乙醇 Ethanol          | 4.16  | 8.33  | 8.33  | 8.33  | 8.33 ± 0.00 cde   |
|                      |                                  | 石油醚 Petroleum ether | 4.16  | 4.16  | 8.33  | 16.67 | 16.67 ± 2.40 bcd  |
| 白蘑科 Tricholomataceae | 雷丸 <i>Omphalia lapidescens</i>   | 水 Water             | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 4.16 ± 2.40 de    |
|                      |                                  | 乙醇 Ethanol          | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 8.33  | 12.50 ± 0.00 bede |
|                      |                                  | 石油醚 Petroleum ether | 8.33  | 12.50 | 12.50 | 12.50 | 16.67 ± 2.40 bcd  |

续表 3 Table 3 continued

| 科名 Plant family  | 种名 Plant species                | 溶剂 Extract solvent  | 不同时间的校正死亡率(%)   |       |       |       |                   |
|------------------|---------------------------------|---------------------|---|-------|-------|-------|-------------------|
|                  |                                 |                     | Corrected mortality at different time after treatment |       |       |       |                   |
|                  |                                 |                     | 24 h  | 48 h  | 72 h  | 96 h  | 120 h             |
| 百合科 Liliaceae    | 芦荟 <i>Aloe vera</i>             | 水 Water             | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 8.33 ± 2.41 cde   |
|                  |                                 | 乙醇 Ethanol          | 0.00  | 4.16  | 4.16  | 8.33  | 12.50 ± 4.81 bcde |
|                  |                                 | 石油醚 Petroleum ether | 4.16  | 4.16  | 8.33  | 8.33  | 8.33 ± 4.81 cde   |
| 龙胆科 Gentianaceae | 龙胆草 <i>Gentiana manshurica</i>  | 水 Water             | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 8.33 ± 0.00 cde   |
|                  |                                 | 乙醇 Ethanol          | 0.00  | 8.33  | 8.33  | 12.50 | 12.50 ± 4.17 bcde |
|                  |                                 | 石油醚 Petroleum ether | 4.16  | 8.33  | 8.33  | 16.67 | 16.67 ± 2.40 bcd  |
| 蓼科 Polygonaceae  | 生大黄 <i>Rheum officinale</i>     | 水 Water             | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 4.16 ± 0.00 de    |
|                  |                                 | 乙醇 Ethanol          | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 4.16  | 4.17 ± 4.17 de    |
|                  |                                 | 石油醚 Petroleum ether | 0.00  | 4.16  | 4.16  | 4.16  | 8.33 ± 4.17 cde   |
| 茜草科 Rubiaceae    | 生山梔 <i>Gardenia jasminoides</i> | 水 Water             | 0.00  | 0.000 | 0.00  | 0.00  | 0.00 ± 0.00 e     |
|                  |                                 | 乙醇 Ethanol          | 8.33  | 12.50 | 12.50 | 12.50 | 12.50 ± 2.41 bcde |
|                  |                                 | 石油醚 Petroleum ether | 8.33  | 12.50 | 12.50 | 12.50 | 8.33 ± 0.00 cde   |
| 石榴科 Punicaceae   | 石榴 <i>Punica granatum</i>       | 水 Water             | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 4.16 ± 2.40 de    |
|                  |                                 | 乙醇 Ethanol          | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 8.33 ± 0.00 cde   |
|                  |                                 | 石油醚 Petroleum ether | 4.16  | 4.16  | 4.16  | 4.16  | 12.50 ± 7.22 bcde |
| 爵床科 Acanthaceae  | 仙鹤草 <i>Herba agrimoniae</i>     | 水 Water             | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 20.83 ± 2.40 abc  |
|                  |                                 | 乙醇 Ethanol          | 4.16  | 4.16  | 8.33  | 8.33  | 33.33 ± 2.40 a    |
|                  |                                 | 石油醚 Petroleum ether | 0.00  | 4.16  | 8.33  | 12.50 | 33.34 ± 4.17 a    |

### 2.3 6种中药的石油醚提取物对褐飞虱3龄若虫的毒力

进一步分析6种触杀效果较好的石油醚提取物的杀虫活性(表4)表明,6种中草药的石油醚提取物对褐飞虱的 $LC_{50}$ 从高到低依次为:木香为0.0033 g/mL,鹤虱为0.0038 g/mL,生山梔为0.0047 g/mL,榧子为0.0145 g/mL,黄柏为0.0455 g/mL、百部为0.0826 g/mL;相对毒力分

别为:25.0,21.7,17.6,5.7,1.8和1.0。

### 2.4 木香、鹤虱的不同溶剂萃取物对褐飞虱3龄若虫的活性

选取相对毒力较高、且未见报道杀虫活性的木香和鹤虱提取物,采用系统溶剂萃取法分析比较这2种中草药的活性物质特点。木香和鹤虱的不同溶剂萃取分离物对褐飞虱3龄若虫的触杀作用效果见表5。

表4 6种中药植物的石油醚提取物对褐飞虱3龄若虫的相对毒力

Table 4 Contact toxicity of petroleum ether extracts from 6 Chinese traditional herbal plants to the 3rd instar nymphs of *Nilaparvata lugens*

| 种名<br>Plant species              | 毒力回归方程<br>Toxicity regression equation | 致死中浓度<br>$LC_{50}$ (g/mL) | 95%置信限<br>95% Confidence limit<br>of $LC_{50}$ (g/mL) | 相关系数<br>Correlation<br>coefficient | 相对毒力<br>Relative toxicity |
|----------------------------------|--|---------------------------|---|------------------------------------|---------------------------|
| 百部 <i>Stemona sessilifolia</i>   | $Y = 6.7711 + 1.6354X$                 | 0.0826                    | 0.0603 - 0.1089                                       | 0.9822                             | 1.0                       |
| 黄柏 <i>Phellodendron chinense</i> | $Y = 7.5154 + 1.8748X$                 | 0.0455                    | 0.0340 - 0.0580                                       | 0.09850                            | 1.8                       |
| 榧子 <i>Torreya grandis</i>        | $Y = 7.5791 + 1.4032X$                 | 0.0145                    | 0.0070 - 0.0262                                       | 0.8047                             | 5.7                       |
| 生山梔 <i>Gardenia jasminoides</i>  | $Y = 8.3214 + 1.4295X$                 | 0.0047                    | 0.0029 - 0.0068                                       | 0.9325                             | 17.6                      |
| 鹤虱 <i>Lappula myosotis</i>       | $Y = 8.5813 + 1.4502X$                 | 0.0038                    | 0.0023 - 0.0054                                       | 0.9047                             | 21.7                      |
| 木香 <i>Aucklandia lappa</i>       | $Y = 8.6634 + 1.4750X$                 | 0.0033                    | 0.0023 - 0.0044                                       | 0.8752                             | 25.0                      |

表 5 2 种中草药的不同溶剂萃取物对褐飞虱 3 龄若虫的活性  
**Table 5 Contact toxicity of the extracts from 2 Chinese traditional herbal plants with different solvents to the 3rd instar nymphs of *Nilaparvata lugens***

| 种名<br>Plant species        | 水溶液<br>Water solution | 正丁醇萃取液<br>N-butyl alcohol isolation | 乙酸乙酯萃取液<br>Ethyl acetate isolation | 氯仿萃取液<br>Chloroform isolation | 石油醚萃取液<br>Petroleum ether isolation |
|----------------------------|-----------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| 木香 <i>Aucklandia lappa</i> | 39.47 ± 1.32 c        | 57.89 ± 0.55 b                      | 94.73 ± 0.61 a                     | 100.00 ± 0.00 a               | 94.73 ± 0.61 a                      |
| 鹤虱 <i>Lappula myosotis</i> | 13.16 ± 1.49 d        | 28.95 ± 2.41 c                      | 47.37 ± 0.56 b                     | 100.00 ± 0.00 a               | 92.11 ± 1.08 a                      |

实验数据是 24 h 的校正死亡率。Data in the table are corrected mortality at 24 h after treatment.

从表 5 可知, 木香和鹤虱的氯仿萃取物对褐飞虱 3 龄若虫的触杀效果最好, 24 h 后将褐飞虱全部杀死; 其次是木香和鹤虱的石油醚萃取物, 杀虫效果略低, 但与氯仿萃取物的杀虫效果差异不显著; 水萃取物的效果最不明显。说明木香和鹤虱对褐飞虱触杀活性物质主要集中在氯仿和石油醚的萃取物中, 而氯仿和石油醚均为亲脂性非极性化学溶剂, 因此, 这 2 种中草药的杀虫活性物质属非极性亲脂物质。该结果为后续的分离纯化和结构鉴定提供了依据。

### 2.5 鹤虱粗提取物的柱层析不同流分对褐飞虱 3 龄若虫的杀虫活性

选取杀虫活性最高的鹤虱氯仿萃取物, 先用少量氯仿溶解, 再吸附在适量的硅胶上进行柱层析, 合并相同流分, 共获得 8 个不同流分。分别测定这 8 个流分对褐飞虱的触杀活性(表 6)。

表 6 鹤虱柱层析物各流分对褐飞虱 3 龄若虫的活性  
**Table 6 Contact toxicity of each fraction of *Lappula myosotis* after column chromatography to the 3rd nymphs of *Nilaparvata lugens***

| 流分号<br>Fraction no. | 洗脱物 Rf 值范围<br>Rf limit of the eluate | 校正死亡率(%)<br>Corrected mortality |
|---------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| L1                  | 0.7185 - 0.9407                      | 52.63 ± 0.14 c                  |
| L2                  | 0.5926, 0.7407                       | 96.67 ± 0.02 ab                 |
| L3                  | 0.5556 - 0.5926                      | 100.00 ± 0.00 a                 |
| L4                  | 0.3008 - 0.3481                      | 26.67 ± 0.13 d                  |
| L5                  | 0.1504 - 0.1729                      | 26.67 ± 0.13 d                  |
| L6                  | 0.0313 - 0.0438, 0.0938              | 3.33 ± 0.02 e                   |
| L7                  | 0.0420, 0.0483 - 0.0552              | 0.00 ± 0.00 f                   |
| L8                  | < 0.03                               | 0.00 ± 0.00 f                   |

结果表明, 流分 L2 和 L3 对褐飞虱 3 龄若虫都具有很高的触杀活性, 试虫的死亡率分别为 96.67% 和 100%, 而其余各流分对试虫均无明显的触杀活性。同时, 从表中 Rf 值也可以看出, 流

分 L2 和 L3 拥有同一成分, 流分 L2 的 Rf 值为 0.5926, 且具有最高活性的 L3 流分的 Rf 值范围在 0.5556 ~ 0.5926, 因此, 可初步推断主要杀虫活性成分的 Rf 值为 0.5556 ~ 0.5926。这为最终鉴定有效成分及其结构奠定了基础。

## 3 讨论

百部等 18 种中草药对甜菜夜蛾的胃毒作用不明显, 但有些对甜菜夜蛾的化蛹有一定影响(另文发表); 而这 18 种中草药, 尤其是百部、鹤虱、木香等 6 种对褐飞虱的触杀效果明显。可能由于褐飞虱属于半翅目, 而甜菜夜蛾是鳞翅目害虫, 而 18 种中草药的活性成分对这两类害虫的作用方式和机理不同, 尚待进一步研究。此外, 上述中草药的活性成分对褐飞虱的其他作用方式(胃毒、拒食、熏蒸、驱避、杀卵等), 以及活性物质的化学结构也有待于进一步分析确定。系统溶剂法发现木香和鹤虱的氯仿和石油醚萃取液杀虫活性最高, 而水溶液中的活性成分最低, 与筛选 18 种中药时的结果一致, 此试验结果与覃柳燕(2006)在研究红棘子和断肠草提取物对褐飞虱生物活性筛选的结果一致。在通过活性追踪法对鹤虱柱层析物的活性研究中发现, 其主要杀虫活性成分的 Rf 范围在 0.5556 ~ 0.5926。因此, 还要对鹤虱的柱层析物进一步研究, 才能明确其主要杀虫成分的结构。

18 种中药分别属于百部科、棕榈科、唇形科、红豆杉科、菊科、芸香科、楝科、豆科、白蘑科、百合科、龙胆科、蓼科、茜草科、石榴科、爵床科 15 个科, 其中菊科中鹤虱和木香的相对毒力最高, 茜草目茜草科的生山柅次之。美国植物学家 A. 克朗奎斯特从植物的进化研究发现茜草目是菊科的原祖, 茜草科与菊科属于同目类。因此可以考虑, 从该科其他种类或者亲缘科属植物来筛选对褐飞虱的杀虫活性, 以扩大植物来源, 减少筛选的盲目性。



而鹤虱、榧子的杀虫活性为首次报道,这2种中药对褐飞虱杀虫活性高、价廉,具有很高的开发利用价值,可直接加工成植物源杀虫剂防治害虫。

在试验过程中经百部乙醇提取物处理后观察到,多数试虫出现行动缓慢,甚至不动,但没有死亡,这种中毒现象类似于作用于神经系统中乙酰胆碱酯酶的药剂;经生山栀的乙醇提取物处理后的试虫,24 h 观察发现试虫多半出现身体透明,最后腐烂,这种情况很象病毒致死后的现象,因此,这些死亡原因与药物的哪些作用有关,还有待于深入研究。

### 参 考 文 献 (References)

- Bekele J, Hassanali A, 2001. Blend effects in the toxicity of the essential oil constituents of *Ocimum kilimandscharicum* and *Ocimum kenyense* (Labiatae) on two post-harvest insect pests. *Phytochemistry*, 57: 385 - 391.
- Ding W, Zhang YQ, Chen SJ, Zhao ZM, Zhu YZ, 2003. Preliminary research of insecticidal activities of fourteen Chinese material medicines. *Journal of Southwest Agricultural University*, 25 (5): 417 - 420, 424. [丁伟, 张永强, 陈仕江, 赵志模, 朱聿振, 2003. 14 种中药植物杀虫活性的初步研究. 西南农业大学学报, 25(5): 417 - 420, 424]
- Fields PG, Xie YS, Hou X, 2001. Repellent effect of pea (*Pisum sativum*) fractions against stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, 37: 359 - 370.
- Haque MA, Nakakita H, Ikenaga H, Sota N, 2000. Development-inhibiting activity of some tropical plants against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*, 36: 281 - 287.
- Ho SH, Koh J, Ma Y, Huang Y, Sim KY, 1996. The oil of garlic, *Allium sativum* L. (Amaryllidaceae), as a potential grain protectant against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch. *Postharvest Biology and Technology*, 9(1): 41 - 48.
- Hou YM, Pang XF, Liang GW, 2002. Effects of azadirachtin against the diamondback moth, *Plutella xylostella*. *Acta Entomologica Sinica*, 45(1): 47 - 52. [侯有明, 庞雄飞, 梁广文, 2002. 印楝素乳油对小菜蛾种群的控制作用. 昆虫学报, 45(1): 47 - 52]
- Leskovar DI, Boales AK, 1996. Azadirachtin: Potential use for controlling lepidopterous insects and increasing marketability of cabbage. *HortScience*, 31(3): 322 - 325.
- Liu YJ, Shen JL, Jia BT, Lun CZ, 2007. Resistance reduction to lambda-cyhalothrin and activity change of multifunction oxidases in the beet armyworm, *Spodoptera exigua*, under nonselection pressure in the laboratory. *Acta Entomologica Sinica*, 50(4): 349 - 354. [刘永杰, 沈晋良, 贾变桃, 伦才智, 2007. 甜菜夜蛾不同世代对氟氰菊酯抗性减退及多功能氧化酶系活性变化. 昆虫学报, 50(4): 349 - 354]
- Nathan SS, Choi MY, Paik CH, Seo HY, Kim JD, Kang SM, 2007. The toxic effects of neem extract and azadirachtin on the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) (BPH) (Hemiptera: Delphacidae). *Chemosphere*, 67: 80 - 88.
- Niu CW, Zhang QW, Ye ZH, Luo LZ, 2006. Analysis of genetic diversity in different geographic populations of the beet armyworm *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) with AFLP technique. *Acta Entomologica Sinica*, 49(5): 867 - 873. [牛成伟, 张青文, 叶志华, 罗礼智, 2006. 不同地区甜菜夜蛾种群的遗传多样性分析. 昆虫学报, 49(5): 867 - 873]
- Tan LY, 2006. Screening for Bioactivities of Plants Extracts against *Nilaparvata lugens* Stål and Pilot Study on Reaction Mechanisms. MSc Thesis, Guangxi University, Nanning. [覃柳燕, 2006. 植物提取物对褐飞虱生物活性筛选及作用机理初步研究. 南宁: 广西大学硕士学位论文]
- Tapondjou LA, Adler C, Bouda H, Fontem DA, 2002. Efficacy of powder and essential oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post-harvest grain protectants against six-stored product beetles. *Journal of Stored Products Research*, 38: 395 - 402.
- Watanabe T, Kitagawa H, 2000. Photosynthesis and translocation of assimilates in rice plants following phloem feeding by the planthopper *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae). *Journal of Economic Entomology*, 93(4): 1 192 - 1 198.
- Yao YJ, 2005. Studies of Botanical Insecticides and Mixtures to *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Plodia interpunctella* Hubner. Msc Thesis, Huazhong Agricultural University, Wuhan. [姚英娟, 2005. 新植物源杀虫剂及其混剂防治玉米象、印度谷螟的研究. 武汉: 华中农业大学硕士学位论文]
- Yao YJ, Xue D, Yang CJ, 2004. Study on controlling stored-grain insects with botanical pesticides. *Grain Storage*, 32(2): 6 - 9. [姚英娟, 薛东, 杨长举, 2004. 植物源农药在储粮害虫防治中的应用. 粮食储藏, 32(2): 6 - 9]
- Yao YJ, Xue D, Yang CJ, 2005. Bioactivities of extracts from 21 species of plants against maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Acta Entomologica Sinica*, 48(5): 692 - 698. [姚英娟, 薛东, 杨长举, 2005. 21 种植物提取物对玉米象的生物活性. 昆虫学报, 48(5): 692 - 698]

(责任编辑: 赵利辉)