

# 新型植物源复合长效杀虫剂质量评价及其防虫效果

丁 品<sup>1</sup>, 刘锦霞<sup>1\*</sup>, 李 晶<sup>1</sup>, 李 娜<sup>1</sup>,  
武建荣<sup>1</sup>, 杜文静<sup>1</sup>, 张建军<sup>1</sup>, 杨海兴<sup>2</sup>

(1. 甘肃省科学院生物研究所, 兰州 730000; 2. 甘肃省榆中县农业技术推广服务中心, 榆中 730100)

**摘要** 黄芩藜吾和铁棒锤是优质的生物农药资源植物,为了开拓其开发应用前景,本研究通过质量稳定性、室内杀虫活性和小区防效试验,研究了黄芩藜吾提取物和铁棒锤生物碱复合长效杀虫剂的特性和防效。室内杀虫活性和稳定性试验结果表明,此新型植物源复合长效杀虫剂贮存稳定性强,极端环境对其外观和防效的影响小;杀虫效果好,浓度大于0.1%时,1龄棉铃虫幼虫的校正虫口减退率均在85%以上;起效快,用药3d后校正虫口减退率可达到80%以上;持效期长,用药30d后,校正虫口减退率仍可达60%左右。小区防效试验结果表明,其对蚜虫、棉铃虫低龄幼虫和马铃薯地下害虫的防治效果分别大于78.05%、75.50%、84.27%,均比其单成分制剂的防治效果高15%以上,且差异显著( $P<0.05$ ),与相应常用化学农药的防治效果相当。但其持效期长,用药25d后,对靶标害虫的防治效果仍在80%左右,与对照化学农药和其单成分制剂之间存在显著性差异( $P<0.05$ )。本研究结果为资源植物黄芩藜吾和铁棒锤开发提供了依据,为黄芩藜吾提取物和铁棒锤生物碱复合长效杀虫剂的产业化开发应用奠定了理论和技术基础。

**关键词** 黄芩藜吾; 铁棒锤; 长效杀虫剂; 防治效果

中图分类号: S 482.1 文献标识码: B DOI: 10.16688/j.zwbh.2018049

## Quality evaluation of new plant source compound-long-acting insecticide and its control effect against insect pests

DING Pin<sup>1</sup>, LIU Jinxia<sup>1</sup>, LI Jing<sup>1</sup>, LI Na<sup>1</sup>, WU Jianrong<sup>1</sup>,  
DU Wenjing<sup>1</sup>, ZHANG Jianjun<sup>1</sup>, YANG Haixing<sup>2</sup>

(1. Institute of Biology, Gansu Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China; 2. Agricultural Technology Extension and Service Center in Yuzhong County of Gansu Province, Yuzhong 730100, China)

**Abstract** *Ligularia virgaurea* (Maxim.) Mattf. and *Aconitum pendulum* Busch are great plant resources for bio-insecticide products. In order to expand their application prospects, the characteristics and control efficacy of a compound-long-acting insecticide composed of extracts from *L. virgaurea* and alkaloids from *A. pendulum* were studied by quality stability, indoor insecticidal activity and plot test. The results of stability and insecticidal activity showed that the new botanical compound-long-acting insecticide had well storage stability, and the extreme environmental condition had little effect on its appearance and efficacy. It had strong insecticidal effect. When the concentration was higher than 0.1%, the corrected insects reduce rate of the 1st to 2nd instar larvae of *Helicoverpa armigera* was above 85%. The insecticide took effect fast after application, 3 days later, the corrected insects reduce rate could reach more than 80%. The insecticide had long-lasting effect, 30 days after treatment, the corrected insects reduce rate was still about 60%. The results of field experiment showed that the control effects on aphids, young larvae of cotton bollworm and underground pests of potato were more than 78.05%, 75.50% and 84.27% respectively, which were 15% significantly higher than that of single component preparation ( $P<0.05$ ). The control effect was similar to that of the commonly used chemical insecticides. 25 days after application, the control effect on target pests was still around 80%, and there was a very significant difference between the control chemical insecticide and its single component formulation ( $P<0.05$ ). The results provide the basis to develop the resource plants; *L. virgaurea* and *A. pendulum*, and lay the theory and technology foundation for industrial development of the plant source compound-long-acting insecticide.

**Key words** *Ligularia virgaurea*; *Aconitum pendulum*; compound-long-acting insecticide; control efficacy

收稿日期: 2018-01-29 修订日期: 2018-08-24

基金项目: 甘肃省科技支撑计划(1504GKCA074);甘肃省科学院应用研究与开发计划(2015-JK-04;2018JK-08);甘肃省科学院青年科技创新基金(2014QN-04)

\* 通信作者 E-mail: liujinx0168@163.com

自然界具有杀虫活性的植物资源十分丰富,据不完全统计,全世界已报道过 2 400 多种具有杀虫活性的植物,不同植物所含的活性化合物种类和总量不同,所以对不同作物害虫的作用强度和作用方式也不同,表现出特异性和多样性<sup>[1-2]</sup>。植物源杀虫剂与传统杀虫剂相比具有广谱、高效、低毒、易降解、无残留且不易产生抗药性等优势,是当前新型农药创制的热点之一<sup>[3]</sup>。为开发植物源新药剂,近年来本课题组对黄帚橐吾和铁棒锤的杀虫作用进行了研究。

黄帚橐吾 *Ligularia virgaurea* 为多年生草本,广泛分布于青藏高原东部海拔 2 600~4 700 m 的高寒草场中,由于其富含挥发性有毒化合物,牲畜拒食,加之其对牧草的化感效应和过度放牧,其种群不断扩大形成优势群落,成为甘肃高寒草场的主要毒杂草之一<sup>[4]</sup>。目前对黄帚橐吾的研究主要集中在其生长繁殖规律及如何抑制其蔓延生长,保护草场方面<sup>[5-6]</sup>,以及其在医药、农药领域的一些应用研究。胡冠芳等<sup>[7]</sup>研究发现黄帚橐吾甲醇提取物对菜粉蝶 4 龄幼虫有很强的拒食和触杀作用,其中挥发性化合物起到了相当大的作用。刘锦霞等<sup>[8]</sup>研究发现黄帚橐吾有机溶剂提取物对鳞翅目和半翅目害虫具有很强的拒食、忌避和熏蒸活性。用药后最初 3 d 害虫主要表现为忌避、拒食,死亡率相对较低。黄帚橐吾植株中所含的强毒性杀虫成分主要由萜类化合物、芳香族化合物、有机酸和烷烃类化合物组成,挥发性成分占 40% 以上<sup>[9-10]</sup>。普通粒剂、粉剂和水剂等简单制剂其有效活性成分挥发损失较快,导致杀虫活性下降,防效降低,货架期变短。另外,黄帚橐吾植株中所含的强毒性杀虫成分对人畜的安全性也存在一定风险,林永明<sup>[11]</sup>和张生民等<sup>[12]</sup>研究发现大剂量黄帚橐吾对牛羊、家兔有神经、血液和肝肾毒性,甚至可能导致其死亡。这些缺陷限制了其进一步开发应用。

铁棒锤 *Aconitum pendulum* Busch 属于毛茛科 Ranunculaceae 乌头属 *Aconitum*,其根、茎含有丰富的 12-表-欧乌头碱、3-脱氧乌头碱、乌头碱、3-脱氧乌头碱-8-亚油酸酯和乌头碱-8-亚油酸酯等活性生物碱<sup>[13]</sup>。郭生虎等<sup>[14]</sup>研究发现伏毛铁棒锤生物总碱对 3 龄黏虫具有较好的胃毒作用,LC<sub>50</sub> 为 1.939 mg/mL (72 h),对枸杞蚜虫具有较强的触杀活性,LC<sub>50</sub> 为 1.406 mg/mL (48 h)。刘锦霞等<sup>[15]</sup>通过毒力测定和防效试验证明铁棒锤生物碱对菜青虫有较好的胃毒和触杀作用,有效剂量为 2 mg/mL 时,施药后 72 h,校正防治效果可达 80%~90%。尤江等<sup>[16]</sup>研究发现野生与人工种植伏毛铁棒锤乙醇提取物对小菜蛾和枸杞蚜虫都具有较好的杀虫活性,且其活性

成分主要集中在其生物碱部位。本课题组多年研究证明铁棒锤生物碱对菜青虫、小菜蛾、蚜虫等鳞翅目、半翅目害虫有较强的触杀、胃毒和杀卵活性,但其持效期相对较短,施药 15 d 后防效下降 50% 以上。张宏利等<sup>[17]</sup>研究证明铁棒锤生物总碱对小白鼠有累积致毒现象,本课题组通过小鼠急性毒性试验证实其属于中等毒性农药,高浓度时对人畜有致死危险。这些结论限制了其在现代生物农药领域的进一步发展,目前尚未见利用其单独开发的杀虫剂。

本课题组依据黄帚橐吾提取物和铁棒锤生物碱的理化特性、杀虫作用机制和毒性,取长补短,将二者进行优化复配研发出新型黄帚橐吾提取物和铁棒锤生物碱复合长效杀虫剂(专利 ZL201510149132.5)。为了其进一步开发应用,通过室内杀虫活性、质量稳定性试验和小区防效试验,研究了这一新型植物源复合长效杀虫剂的特性和防效。为新型黄帚橐吾提取物和铁棒锤生物碱复合长效杀虫剂的产业化发展奠定理论基础,提供技术支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试药剂:黄帚橐吾提取物和铁棒锤生物碱复合长效杀虫剂(新型植物源复合长效杀虫剂),该杀虫剂是以黄帚橐吾挥发物和铁棒锤生物总碱(5.5:1)为主要有效成分,缓释和控释剂型结合的一种复合长效颗粒剂,粒径 0.5~2 mm,有效成分含量 64.28%,由甘肃省科学院生物研究所农业生物技术研究室提供;54.39% 黄帚橐吾提取物长效颗粒剂、9.89% 铁棒锤生物总碱颗粒剂,由甘肃省科学院生物研究所农业生物技术研究室提供;5% 毒死蜱颗粒剂,河北好田化工有限公司生产;2.5% 联苯菊酯乳油,山东惠民中农作物保护有限责任公司生产;50% 抗蚜威可湿性粉剂,山东邹平农药有限公司生产。

试虫:棉铃虫 *Helicoverpa armigera* Hübner 幼虫在本实验室人工饲养多代。饲养条件:温度(25±1)℃,相对湿度(80±5)%,L//D=12 h//12 h,光强:2 000~3 000 lx。取孵化 24 h 后的 1 龄棉铃虫幼虫供试。

供试植株:挑选籽粒饱满的黄瓜种子,用 0.1% 升汞溶液浸泡 10 s 后再用无菌水冲洗 5 次,放在垫有无菌保湿滤纸的培养皿中 25~28℃ 催芽,待绝大部分种子萌芽后播种于育苗盘中,在温度 19~26℃、湿度 70%~75%,光周期 L//D=10 h//14 h 的条件下进行培养,待黄瓜苗长出两片真叶用作试虫饲料,长出 4~6 片真叶后进行相关毒力测定试验。

## 1.2 试验方法

### 1.2.1 新型植物源复合长效杀虫剂室内杀虫活性测定

将新型植物源复合长效杀虫剂稀释为 0.1%、0.2%、1%、10%、20% 水溶液作为待测样品。在具有 5 片真叶的黄瓜苗上进行试验,每株植株上接种 1 头预先饥饿 24 h 的 1 龄棉铃虫幼虫,每处理 20 头试虫,3 次重复。接虫 2 h 后,用小型手持式喷雾器均匀喷雾待测样品,每处理 150 mL,使植株、栽培基质表面和虫体均匀受药,以喷施无菌水为对照。随后将植株置于温度  $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、相对湿度  $(80 \pm 5)\%$ 、L/D=9 h/15 h,光强 3 000 lx 的相对封闭环境条件下培养,保证植株正常生长。在施药后第 1、3、5、7、9、16、19、26 和 30 天,记录活虫数、中毒症状、活动状态、取食等情况。计算虫口减退率、校正虫口减退率。

虫口减退率 = (处理前虫口数量 - 处理后虫口数量) / 处理前虫口数量  $\times 100\%$ ;

校正虫口减退率 = (处理区虫口减退率 - 对照区虫口减退率) / 对照区虫口减退率  $\times 100\%$ 。

### 1.2.2 新型植物源复合长效杀虫剂存储稳定性测定

#### 1.2.2.1 热储稳定性

取适量新型植物源复合长效杀虫剂放入干净的广口瓶内,封口,置于  $(54 \pm 2)^\circ\text{C}$  恒温箱中存储 14 d。取出后称重并观察其稳定性(颜色、外观等)。取一定量经热储处理的新植物源复合长效杀虫剂稀释 10 倍,于 24 h 内按 1.2.1 方法测定其对饥饿 24 h 的棉铃虫 1 龄幼虫药后第 10 天的杀虫活性。记录活虫数、中毒症状、活动状态、取食等情况。以未经热储处理的药剂为对照,重复 5 次,计算虫口减退率、校正虫口减退率。

#### 1.2.2.2 冷储稳定性

将适量新型植物源复合长效杀虫剂放入干净的耐低温瓶内,密封瓶口,称重,然后置于  $(-15 \pm 1)^\circ\text{C}$  的低温冰箱中存放 24 h,取出后放在室温下融化 8 h,如此反复 3 次,取出后称重并观察其稳定性(颜色、外观等)。取一定量经冷储处理的新植物源复合长效杀虫剂稀释 10 倍于 24 h 内按 1.2.1 方法测定其对饥饿 24 h 的棉铃虫 1 龄幼虫药后第 10 天的杀虫活性。记录活虫数、中毒症状、活动状态、取食等情况。以未经处理的样品为对照,重复 5 次,计算虫口减退率、校正虫口减退率。

### 1.2.3 新型植物源复合长效杀虫剂对目标害虫的小区防效试验

#### 1.2.3.1 对蚜虫的防效试验

供试作物为开花期的西葫芦 *Cucurbita pepo*

L. 植株,处于蚜虫(主要是桃蚜 *Myzus persicae*,混合有少量棉蚜 *Aphis gossypii*,以幼虫为主,混有 5% 左右成虫)为害初期,每株约有蚜虫 100~120 头。

试验设 3 个试验药剂(64.28% 新型植物源复合长效杀虫颗粒剂、54.39% 黄帚囊吾提取物长效颗粒剂、9.89% 铁棒锤生物碱颗粒剂),1 个阳性对照(50% 抗蚜威可湿性粉剂),均稀释成 500 倍液备用;1 个空白对照(清水),共 5 个处理。每处理小区供试植株为 20 株,3 次重复,各小区之间设一保护行。各处理按随机区组排列。每小区以 5 点取样法选定 5 点,每点 2 株西葫芦,每株新、老叶各标记 5 片(其上虫数不少于 20 头),挂牌,记录基础虫数。

采用叶面喷雾法施药,叶片两面用药均匀,以滴水为度(每小区用药液 3 000 mL)。于施药后 1、3、5、7、15、25 d 调查各标记植株上的活虫数量,同时观察受试植株是否生长正常。根据调查数据计算防治效果。

防治效果 =  $[1 - (CK_0 \times PT_1 / CK_1 \times PT_0)] \times 100\%$ ;

式中  $CK_0$  为空白对照组药前活虫数, $CK_1$  为空白对照组药后活虫数, $PT_1$  为处理组药后活虫数, $PT_0$  为处理组药前活虫数。

#### 1.2.3.2 对棉铃虫的防效试验

在番茄挂果初期,每株接入孵化 24 h 后的 1 龄棉铃虫幼虫 5 头,分别接种在植株的果实、顶层嫩叶、中层叶片、下层老叶和花蕾上,每天观察,待 80% 以上植株出现棉铃虫钻蛀为害时开始试验。

试验设 3 个试验药剂(64.28% 新型植物源复合长效杀虫颗粒剂、54.39% 黄帚囊吾提取物长效颗粒剂、9.89% 铁棒锤生物碱颗粒剂),1 个阳性对照(2.5% 联苯菊酯乳油),均稀释成 500 倍液备用,1 个空白对照(清水),共 5 个处理,每个处理 3 次重复,共 15 个试验小区。每小区供试番茄 30 株,小区之间设两行保护行,处理小区按随机区组排列。每小区以 5 点取样法选定 5 点,每点定 3 株番茄(每株上幼虫总数为 5 头),挂牌标记,记录基础虫数。

采用叶面喷雾法施药,全株均匀用药,每小区药液量 4 000 mL。分别于施药后 1、3、5、7、15、25 d 调查标记植株上的活虫数,同时观察植株是否生长正常。根据调查数据计算防治效果。

防治效果 =  $[1 - (CK_0 \times PT_1 / CK_1 \times PT_0)] \times 100\%$ ;

公式中  $CK_0$  为空白对照组药前活虫数, $CK_1$  为空白对照组药后活虫数, $PT_1$  为处理组药后活虫数, $PT_0$  为处理组药前活虫数。

#### 1.2.3.3 对马铃薯地下害虫的防效试验

试验地地力均匀,播种前以农家肥(牛粪 45~60 t/hm<sup>2</sup>)

做底肥,然后一次性施足氮磷钾肥为基肥,采用当地常用的双垄栽培,以密度 2 800 株/667 m<sup>2</sup> 点种。

试验设 3 个试验药剂(64.28%新型植物源复合长效杀虫颗粒剂、54.39%黄帚囊吾提取物长效颗粒剂、9.89%铁棒锤生物碱颗粒剂),1 个阳性对照(5%毒死蜱颗粒剂),1 个空白对照,共 5 个处理,每处理 3 次重复,处理小区按随机区组排列,每小区面积 30 m<sup>2</sup>,小区之间设两行保护行。

将各处理药剂及对照按 90 g/30 m<sup>2</sup> 的处理剂量称好,与 2 kg 小区土拌匀,于播种前均匀撒施于相应小区内开好的沟中,记录各处理小区实际点种数。其余管理正常。

生长期观察各处理对马铃薯的安全性,待各处理的出苗率大于 80%时,记录其实际出苗数,收获时调查记录各处理小区产量和害虫数(每小区取 3 个1.0 m×5.0 m 的调查样点,记录所有活虫数),计算出苗率、防治效果和增产率。

防治效果=[(对照区虫口密度-施药区虫口密度)/对照区虫口密度]×100%;

增产率=(施药区产量-对照区产量)/对照区产量×100%;

出苗率=(点种苗数-实际出苗数)/点种苗数×100%。

1.3 数据分析处理

采用 SPSS 19.0 软件对试验数据进行整理分析,用 Duncan’s 新复极差法进行数据的差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 新型植物源复合长效杀虫剂对棉铃虫的杀虫活性

从表 1 可知,新型植物源复合长效杀虫剂对 1 龄棉铃虫幼虫的杀虫活性较好,药后第 9 天各处理的防效均达到最高值,其校正虫口减退率均在 85%以上,且浓度越大活性越强,浓度≥0.2%时校正虫口减退率均在 90%以上。该药剂起效快,用药后第 3 天,除 0.1%的浓度处理外,其他处理的校正虫口减退率均达到 80%以上;药剂持效时间长,药后 30 d,浓度大于 1%时,各处理的校正虫口减退率为 60%以上,可有效控制害虫的快速扩散。

表 1 新型植物源复合长效杀虫剂对棉铃虫的杀虫活性<sup>1)</sup>

Table 1 Activity of the new plant source compound-long-acting insecticide against *Helicoverpa armigera*

| 制剂浓度/%<br>Concentration | 校正虫口减退率/% Corrected insect reduce rate |                  |                  |                    |                    |                    |                    |
|-------------------------|----------------------------------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                         | 第 3 天<br>3rd day                       | 第 7 天<br>7th day | 第 9 天<br>9th day | 第 16 天<br>16th day | 第 19 天<br>19th day | 第 26 天<br>26th day | 第 30 天<br>30th day |
| 20                      | 88.36 a                                | 94.65 a          | 96.12 a          | 81.09 a            | 87.03 a            | 69.11 a            | 70.33 a            |
| 10                      | 86.31 a                                | 92.84 a          | 95.88 a          | 80.67 a            | 85.50 a            | 68.52 a            | 69.04 a            |
| 1                       | 83.06 a                                | 90.17 a          | 91.69 a          | 77.35 a            | 82.71 a            | 62.90 b            | 63.55 b            |
| 0.2                     | 82.50 ab                               | 89.25 a          | 90.55 ab         | 72.80 b            | 78.57 b            | 57.13 bc           | 57.39 c            |
| 0.1                     | 74.82 b                                | 80.07 b          | 85.03 b          | 68.15 c            | 71.91 c            | 43.27 c            | 43.85 d            |

1) 同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上存在显著性差异(P<0.05)。表 2 同。  
The different small letters in the same column mean significant difference at 0.05 levels. This is the same with table 2.

2.2 新型植物源复合长效杀虫剂的存储稳定性

通过热储或冷储处理的新型植物源复合长效杀虫剂样品外观无明显形变和色变,颗粒均匀、松散、无黏结,与未处理样品无差别。热储处理或冷储处理的样品室内杀虫活性与对照相比没有显著差异,

由此可见,冷储最稳定,高温贮存其外观无变化,杀虫活性有些微下降,但仍保持 90%以上的校正虫口减退率,与对照无显著差异。证明新型植物源复合长效杀虫剂存储稳定性较强,极端存贮环境对其颗粒和杀虫毒力无明显影响。

表 2 新型植物源复合长效杀虫剂热储和冷储处理后对 1 龄棉铃虫幼虫的杀虫活性<sup>1)</sup>

Table 2 Activity of thermal or cold stored new plant source compound-long-acting insecticide against the 1st instar of *Helicoverpa armigera*

| 样品 Sample                       | 稀释倍数 Dilution times | 校正虫口减退率/% Corrected insect reduce rate |
|---------------------------------|---------------------|----------------------------------------|
| 热储样品 Sample via thermal storage | 10                  | 91.82 a                                |
| 对照 Control                      | 10                  | 95.37 a                                |
| 冷储样品 Sample via cold storage    | 10                  | 95.25 a                                |
| 对照 Control                      | 10                  | 96.01 a                                |

1) 表中校正虫口减退率为处理样品施用后第 10 天的数据。  
Corrected insect reduce rate shows the effects of treating on the 10th day.

### 2.3 新型植物源复合长效杀虫剂的田间应用

#### 2.3.1 对蚜虫的防治效果

从表 3 可知,新型植物源复合长效杀虫剂对蚜虫(桃蚜、棉蚜)表现出较强的防控能力,与两个单成分制剂相比,药效发挥快,施药后第 3 天其防治效果达到 85.37%,且整个调查期间的防效均显著高于

单组分制剂。药后 1~5 d 其防治效果与阳性对照(50%抗蚜威可湿性粉剂)无显著性差异( $P>0.05$ ),药后 7~25 d 其防效显著高于阳性对照( $P<0.05$ ),其中药后 25 d 防治效果仍可达 82.04%,表现出比对照药剂更长的持效期。

表 3 新型植物源复合长效杀虫剂对蚜虫的防治效果<sup>1)</sup>

| 农药名称<br>Insecticide                                                                  | 稀释倍数<br>Dilution times | 防治效果/%           |                  |                  | Control effect   |                    |                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|
|                                                                                      |                        | 第 1 天<br>1st day | 第 3 天<br>3rd day | 第 5 天<br>5th day | 第 7 天<br>7th day | 第 15 天<br>15th day | 第 25 天<br>25th day |
| 54.39%黄帚囊吾提取物 GR<br>Extracts from <i>L. virgaurea</i> 54.39% GR                      | 500                    | 60.88 b          | 70.52 b          | 76.80 b          | 80.50 b          | 79.41 b            | 70.63 b            |
| 9.89%铁棒锤生物碱 GR<br>Extracts from <i>A. pendulum</i> 9.89% GR                          | 500                    | 50.15 c          | 55.90 c          | 61.29 c          | 60.36 c          | 45.22 d            | 32.80 c            |
| 64.28%新型植物源复合长效杀虫剂 GR<br>New plant source compound-long-acting insecticide 64.28% GR | 500                    | 78.05 a          | 85.37 a          | 90.02 a          | 93.18 a          | 86.57 a            | 82.04 a            |
| 50%抗蚜威 WP<br>pirimicarb 50% WP (CK)                                                  | 500                    | 75.00 a          | 89.52 a          | 90.38 a          | 81.50 b          | 56.18 c            | 32.64 c            |

1) 表中黄帚囊吾提取物颗粒剂和铁棒锤生物碱颗粒剂的有效成分百分含量与新型植物源复合长效杀虫剂的各有效单成分百分含量一致,其他辅料和制备方法均一样;表中防治效果是根据施药后害虫虫口减退率计算的结果。同列数据后的不同小写字母表示在 0.05 水平上存在显著差异( $P<0.05$ )。表 4~5 同。  
The percentage of the active principle in the extracts from *L. virgaurea* and *A. pendulum* GR are the same with the single ingredient in new plant source compound-long-acting insecticide, the excipients and preparation method are the same among preparations; the control effect was calculated by corrected insect reduce rate after application. Different small letter in the same column indicate significant difference ( $P<0.05$ ). These are the same in table 4 and table 5.

#### 2.3.2 对棉铃虫的防治效果

表 4 结果显示,新型植物源复合长效杀虫剂对棉铃虫低龄幼虫表现出比单成分制剂更强的防控效果,其最大防治效果可达 90.52%,与两个单成分制剂处理存在显著差异( $P<0.05$ )。起效也较单成分

制剂快,施药后第 3 天对目标害虫的防治效果达到 83.91%,与阳性对照(2.5%联苯菊酯 EC)防效相当( $P>0.05$ ),但其持效期更长,药 25 d 后防治效果仍在 80%左右,与阳性对照(2.5%联苯菊酯 EC)和两个单成分制剂之间存在显著差异( $P<0.05$ )。

表 4 新型植物源复合长效杀虫剂对 1 龄棉铃虫幼虫的防治效果

| 农药名称<br>Insecticide                                                                  | 稀释倍数<br>Dilution times | 防治效果/%           |                  |                  | Control effect   |                    |                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|
|                                                                                      |                        | 第 1 天<br>1st day | 第 3 天<br>3rd day | 第 5 天<br>5th day | 第 7 天<br>7th day | 第 15 天<br>15th day | 第 25 天<br>25th day |
| 54.39%黄帚囊吾提取物 GR<br>Extracts from <i>L. virgaurea</i> 54.39% GR                      | 500                    | 50.31 c          | 60.59 b          | 70.55 b          | 78.28 b          | 70.52 b            | 65.24 b            |
| 9.89%铁棒锤生物碱 GR<br>Extracts from <i>A. pendulum</i> 9.89% GR                          | 500                    | 58.52 b          | 60.93 b          | 68.50 b          | 62.90 c          | 47.18 d            | 35.38 c            |
| 64.28%新型植物源复合长效杀虫剂 GR<br>New plant source compound-long-acting insecticide 64.28% GR | 500                    | 75.50 a          | 83.91 a          | 85.03 a          | 90.52 a          | 86.20 a            | 81.36 a            |
| 2.5%联苯菊酯 EC<br>bifenthrin 2.5% EC (CK)                                               | 500                    | 70.33 a          | 88.20 a          | 91.38 a          | 83.35 b          | 58.14 c            | 37.95 c            |

#### 2.3.3 对马铃薯地下害虫的防治效果

试验区马铃薯地下害虫主要有金针虫、蛴螬和蝼蛄,这些害虫的共同特点是咬食或钻蛀刚播种的种子、幼苗嫩茎和块茎,另外,因它们造成的伤口还可诱

发加重多种植株和块茎病害,导致出苗率下降、植株和块茎发病、产量和品质下降。表 5 显示,新型植物源复合长效杀虫剂对试验区马铃薯地下害虫有较强的防控能力,其防治效果可达 84.27%,与阳性对照

(5%毒死蜱颗粒)防治效果相当( $P>0.05$ ),与两个单组分制剂的防治效果差异显著( $P<0.05$ )。新型植物源复合长效杀虫剂处理区的出苗率为 95.05%,增产率为 20.85%,与阳性对照(5%毒死蜱颗粒)无显

著差异( $P>0.05$ ),而与两个单组分制剂差异显著( $P<0.05$ )。结果表明新型植物源复合长效杀虫剂能有效防控金针虫、蛴螬和蝼蛄等地下害虫对马铃薯种子、植株和块茎的为害。

表 5 新型植物源复合长效杀虫剂对马铃薯地下害虫的防治效果

| Table 5 Control effect of the new plant source compound-long-acting insecticide against underground pests in potato field |                                                                     |                          |                           |                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| 农药名称<br>Insecticide                                                                                                       | 小区用量/ $\text{g} \cdot (30 \text{ m}^2)^{-1}$<br>Amount of community | 防治效果/%<br>Control effect | 出苗率/%<br>Seedling percent | 增产率/%<br>Yield increasing percent |
| 54.39%黄帚囊吾提取物 GR<br>Extracts from <i>L. virgaurea</i> 54.39% GR                                                           | 90                                                                  | 69.25 b                  | 83.19 b                   | 10.50 b                           |
| 9.89%铁棒锤生物碱 GR<br>Extracts from <i>A. pendulum</i> 9.89% GR                                                               | 90                                                                  | 53.83 c                  | 78.11 bc                  | 6.48 c                            |
| 64.28%新型植物源复合长效杀虫剂 GR<br>New plant source compound-long-acting insecticide 64.28% GR                                      | 90                                                                  | 84.27 a                  | 95.05 a                   | 20.85 a                           |
| 5%毒死蜱 GR<br>chlorpyrifos 5% GR(CK)                                                                                        | 90                                                                  | 80.55 a                  | 90.28 a                   | 17.04 a                           |

3 结论与讨论

室内杀虫活性和稳定性试验结果显示:新型植物源复合长效杀虫剂杀虫效果好,药后棉铃虫 1 龄幼虫的最大校正虫口减退率可达 85%以上,且与浓度呈正相关。该药剂起效快,药后 3 d,除 0.1%浓度处理外,校正虫口减退率均可达到 80%以上;持效期长,用药 30 d 后,除 0.1%和 0.2%浓度处理外,校正虫口减退率均可达 60%左右。药剂存储稳定性强,经热储和冷储处理后外观无变化,经热储和冷储处理的药剂对棉铃虫 1 龄幼虫第 10 天的校正虫口减退率均为 91%以上,接近于正常贮存的对照(校正虫口减退率 95.37%左右)。证明黄帚囊吾提取物和铁棒锤生物碱复合长效杀虫剂是一种具备高活性、速效且稳定性良好的新型植物源杀虫剂。

小区防效试验结果显示,新型植物源复合长效杀虫剂对蚜虫、棉铃虫和马铃薯地下害虫均表现出强的防控能力,对蚜虫和棉铃虫低龄幼虫的最大校正防效可达 90%以上,对马铃薯地下害虫的校正防效也在 85%左右,分别与 50%抗蚜威可湿性粉剂、2.5%联苯菊酯乳油和 5%毒死蜱颗粒剂效果相当,比其单成分制剂防治效果好且其起效快,施药后第 3 天对蚜虫和棉铃虫幼虫的防治效果分别为 85.37%、83.91%,与 50%抗蚜威可湿性粉剂和 2.5%联苯菊酯乳油效果相当。持效期比其单成分制剂显著延长,药后 25 d 对蚜虫和棉铃虫低龄幼虫的校正防效均在 80%以上,均显著高于其单成分制剂和对照化学农药( $P<0.05$ )。研究结果与有关资料报道相似,且更接近植

物源农药资源复配制剂开发的预期目标。本研究提供的黄帚囊吾提取物和铁棒锤生物碱复合长效杀虫剂除了依据两种主要有效成分的农药活性特征取长补短复配外,还应用速释与缓释相结合的特殊剂型,使得黄帚囊吾提取物和铁棒锤生物碱的优势得到了充分发挥,达到了速效、增效、长效、广谱和安全的良好效果。本研究的小区防效试验是以特定靶标害虫的低龄幼虫和虫害初发期为目标进行的,而农药最终的应用环境、靶标害虫种类、形态和发生时期状态是复杂而多变的,还需要进一步扩大防治目标和应用范围的大量田间试验,明确新制剂的有效防治目标和应用技术,为其产业化开发提供更充实的基础和依据。

本研究提供的新型植物源复合长效杀虫剂对马铃薯的田间防效试验结果显示,其除了能够有效控制金针虫、蛴螬和蝼蛄等地下害虫外,还具有保苗增产的作用。马铃薯出苗率可达 95.05%,增产率为 20.85%,比 5%毒死蜱颗粒剂效果稍强,但相比两个单组分制剂有十分显著的保苗增产效果。黄帚囊吾提取物和铁棒锤生物碱复合长效杀虫剂通过对目标害虫的速效、长效作用,在用药初期有效控制了金针虫、蛴螬和蝼蛄等对马铃薯种子的为害,使其正常发芽生长,保证了出苗率,并通过缓释有效成分持续控制目标害虫,保证了马铃薯块茎的质量、数量和品质,达到增产的效果。另外,相关文献报道黄帚囊吾提取物对一些植物真菌病害有较好的防治效果<sup>[18]</sup>,这也可能是黄帚囊吾提取物和铁棒锤生物碱复合长效杀虫剂促进马铃薯出苗增产的原因之一,相关机制机理还有待于进一步深入研究。

## 参考文献

- [1] 罗都强, 张兴. 植物源杀虫剂研究进展[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2001, 29(S1): 94-99.
- [2] 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.
- [3] 赵莉, 刘德立. 国外植物源杀虫剂研究进展[J]. 农药, 2008, 47(2): 82-99.
- [4] 王明理. 高寒草场优势毒杂草黄帚橐吾对牧草化感作用的研究[D]. 兰州: 西北师范大学, 2006.
- [5] 黄立铭. 黄南州天然草地毒草调查与防治[J]. 四川草原, 2006(5): 24-26.
- [6] 单保庆, 杜国祯, 刘振恒. 不同养分条件下和不同生境类型中根茎草本黄帚橐吾的克隆生长[J]. 植物生态学报, 2000, 24(1): 46-51.
- [7] 胡冠芳, 刘敏艳, 李玉奇, 等. 甘肃天然草地 30 种有毒植物提取物对菜粉蝶幼虫的拒食和触杀作用研究[J]. 草业学报, 2011, 10(5): 169-176.
- [8] 刘锦霞, 李晶, 李娜, 等. 黄帚橐吾乙醇提取物对棉铃虫的生物活性[J]. 植物保护, 2015, 41(4): 191-199.
- [9] 孙晓白. 拳参和黄帚橐吾化学成分研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2007.
- [10] 王晓丽, 李强, 杨永建, 等. 橐吾属植物挥发油成分分析及活性研究[J]. 中药材, 2014, 37(6): 1005-1011.
- [11] 林永明. 牛羊黄帚橐吾中毒症的诊治[J]. 中国草食动物, 2011(3): 74-75.
- [12] 张生民, 李桂芝, 丁鼎海, 等. 黄帚橐吾的毒性试验[J]. 中国兽医科技, 1990(6): 37-38.
- [13] 郝文婧. 铁棒锤生物碱部位化学成分研究及其抗肿瘤活性的初步筛选[D]. 银川: 宁夏医科大学, 2014.
- [14] 郭生虎, 王敬东, 马洪爱. 伏毛铁棒锤生物总碱的杀虫活性研究[J]. 中国农学通报, 2013, 29(36): 382-385.
- [15] 刘锦霞, 张锐, 晁开, 等. 苦豆子、铁棒锤生物碱对菜青虫的毒力测定[J]. 甘肃科学学报, 2003, 15(2): 38-41.
- [16] 尤江, 齐强强, 张玉粉, 等. 野生与种植伏毛铁棒锤对小菜蛾的杀虫活性比较[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(22): 5470-5472.
- [17] 张宏利, 韩崇选, 杨学军, 等. 铁棒锤对小白鼠的毒杀活性研究[J]. 西北林学院学报, 2005, 20(1): 125-126.
- [18] 周丽. 高原草地有毒植物对植物病原菌抑菌活性的初步研究[D]. 成都: 四川大学, 2007.

(责任编辑: 杨明丽)

## 致 谢

## 2018 年为《植物保护》审稿的专家名单

2018 年以下专家参与了《植物保护》的审稿工作, 为提高我刊质量做出了重要贡献, 特此向他们表示衷心感谢!

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 白艳菊 | 柏连阳 | 毕守东 | 蔡 峻 | 曹塍程 | 曹克强 | 曹世勤 | 曹学仁 | 曹雅忠 | 陈 君 | 陈 林 | 陈世国 |
| 程登发 | 程兆榜 | 褚 栋 | 丛 斌 | 崔海兰 | 戴德江 | 邓晓玲 | 丁克坚 | 董立尧 | 杜树山 | 段灿星 | 段丽芳 |
| 范洁茹 | 封洪强 | 付俊范 | 高微微 | 高增贵 | 高智谋 | 宫亚军 | 谷少华 | 郭建英 | 国立耘 | 韩燕峰 | 何康来 |
| 何自福 | 洪晓月 | 侯茂林 | 胡东维 | 胡美姣 | 胡小平 | 黄诚华 | 黄红娟 | 黄世文 | 黄文坤 | 黄 云 | 黄兆峰 |
| 吉训聪 | 贾春虹 | 江幸福 | 姜子德 | 蒋红云 | 蒋细良 | 孔垂华 | 雷仲仁 | 黎起秦 | 李定旭 | 李 凡 | 李 贵 |
| 李国庆 | 李红梅 | 李红叶 | 李建成 | 李健强 | 李梅云 | 李培琴 | 李 强 | 李世访 | 李香菊 | 李兴红 | 李正西 |
| 李志红 | 梁革梅 | 梁 沛 | 梁 月 | 梁宗锁 | 林壁润 | 林善海 | 蔺瑞明 | 刘都才 | 刘二明 | 刘丰茂 | 刘天国 |
| 刘文德 | 刘小侠 | 刘晓辉 | 刘新刚 | 卢向阳 | 鲁 新 | 陆宴辉 | 罗 晨 | 罗来鑫 | 罗礼智 | 毛润乾 | 倪汉祥 |
| 倪士峰 | 牛洪涛 | 牛永春 | 农向群 | 彭德良 | 齐放军 | 齐俊生 | 乔红波 | 裘季燕 | 冉 炜 | 芮昌辉 | 桑 文 |
| 石 洁 | 石延霞 | 史建荣 | 舒金平 | 束长龙 | 束 放 | 檀根甲 | 陶小荣 | 王保通 | 王殿轩 | 王广君 | 王桂荣 |
| 王海鸿 | 王鸿斌 | 王季春 | 王金信 | 王进军 | 王 军 | 王孟卿 | 王少丽 | 王树桐 | 王锡锋 | 王小艺 | 王晓鸣 |
| 王旭丽 | 王 勇 | 王振营 | 王忠跃 | 魏守辉 | 魏松红 | 魏艳敏 | 吴国良 | 吴钜文 | 吴青君 | 吴学宏 | 仵均祥 |
| 武春生 | 武予清 | 肖 强 | 肖悦岩 | 谢丙炎 | 谢关林 | 徐大高 | 徐 进 | 许益镌 | 杨代斌 | 杨 俊 | 杨克强 |
| 杨茂发 | 杨艳丽 | 杨忠岐 | 尹 姣 | 于 毅 | 余继忠 | 余青兰 | 虞国跃 | 袁会珠 | 袁庆华 | 曾洪梅 | 翟保平 |
| 张 帆 | 张 锋 | 张国珍 | 张 昊 | 张 杰 | 张 兰 | 张礼生 | 张力群 | 张荣意 | 张润志 | 张绍升 | 张燕宁 |
| 张永军 | 张友军 | 赵廷昌 | 折冬梅 | 郑传临 | 郑方强 | 郑江华 | 郑永权 | 周常勇 | 周 涛 | 周益林 | 周志强 |
| 周忠实 | 朱天辉 | 朱小琼 | 朱咏华 | 朱振东 | 祝增荣 | 宗世祥 |     |     |     |     |     |