西北林学院学报 2022,37(2):170-175
Journal of Northwest Forestry University

doi:10.3969/j.issn.1001-7461.2022.02.23

14种杀虫剂对栎黄枯叶蛾4龄幼虫的室内生物活性

陈玉鑫[1],龚　悦[1],杨文涛[2],李　峰[2],韩国伟[2],李伯辽[1],李广伟[1],陈秀琳[1*]

(1.延安大学 生命科学学院,陕西 延安 716000;2.吴起县林业局 林业工作站,陕西 延安 717600)

摘　要:为筛选防治栎黄枯叶蛾幼虫的高效药剂,采用浸虫法测定14种杀虫剂对其4龄幼虫的室内杀虫活性。结果表明,4种拟除虫菊酯类杀虫剂对栎黄枯叶蛾4龄幼虫均具有高致死能力,半致死质量浓度LC_{50}值介于0.199～2.046 mg/L;乙基多杀菌素、阿维菌素和甲维盐也有较高的杀虫活性,LC_{50}值在2.733～6.470 mg/L;苦参碱对幼虫的毒力水平最低,在测试的质量浓度梯度内试虫校正死亡率均小于45%。除苦参碱外,其他13种杀虫剂的杀虫活性大小依次为:高效氯氰菊酯、溴氰菊酯、高效氯氟氰菊酯、联苯菊酯、乙基多杀菌素、阿维菌素、甲维盐、辛硫磷、氯虫苯甲酰胺、四氯虫酰胺、杀虫双、甲维虫酰肼、马拉硫磷。综合考虑药剂残留及沙棘作为果叶兼用的生态经济型树种,拟除虫菊酯类杀虫剂可用于栎黄枯叶蛾幼虫大发生时的应急药剂,乙基多杀菌素、阿维菌素和甲维盐等生物源农药可作为常用药剂,在高效防治栎黄枯叶蛾幼虫的同时兼顾环境及生态效益。

关键词:栎黄枯叶蛾;沙棘;杀虫剂;杀虫活性

中图分类号:S763.306　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1001-7461(2022)02-0170-06

Bioactivity of 14 Insecticides Against the 4th Instar Larvae of *Trabala vishnou gigantina*

CHEN Yu-xin[1], GONG Yue[1], YANG Wen-tao[2], LI Feng[2], HAN Guo-wei[2], LI Bo-liao[1], LI Guang-wei[1], CHEN Xiu-lin[1*]

(1. *College of Life Science, Yan'an University, Yan'an* 716000, *Shaanxi*, *China*;
2. *Forestry Workstations, Wuqi County Forestry Bureau, Yan'an* 717600, *Shaanxi*, *China*)

Abstract: In order to screen out the effective insecticides for controlling the larvae of *Trabala vishnou gigantina* occurring in sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) and other plant species, the bioactivities of 14 insecticides to the 4th instar larvae were tested by insect immersion method. The results showed that the four pyrethroid insecticides showed high insecticidal activity after 48 h of treatment, with LC_{50} values ranging from 0.199 to 2.046 mg/L. Spinetoram, abamectin, and emamectin benzoate also had high toxicity levels, with LC_{50} values ranging from 2.733 to 6.470 mg/L. The toxicity level of matrine to larvae was the lowest, and the corrected mortality was lower than 45% under the tested concentration gradient. In addition to matrine, the toxicity of the other 13 insecticides was as follows: beta-cypermethrin > deltamethrin > lambda cyhalothrin > bifenthrin > spinetoram > abamectin > emamectin benzoate > phoxim > chlorantraniliprole > tetrachlorantraniliprole > bisulfap > emamectin benzoate · tebufenozide > malathion. Considering pesticide residues and sea-buckthorn as an ecological and economic plant species for both fruit and leaf, pyrethroid insecticides can be used as emergency insecticides for larval outbreak of *T. vishnou*, and biological pesticides such as spinetoram, abamectin and emamectin benzoate can be used as commonly used pesticides, which can effectively control the larvae of *T. vishnou* and give consideration to environmental and ecological benefits.

收稿日期:2021-03-17　**修回日期**:2021-04-03

基金项目:延安市科技计划园区与县域特色经济创新链项目(2019ZDQY-002);延安大学2020年校级大学生创新创业训练计划项目(D2020101)。

第一作者:陈玉鑫。研究方向:昆虫生态与害虫综合治理。E-mail:cyx1314521CYX@163.com

* **通信作者**:陈秀琳,博士,讲师。研究方向:农业昆虫与害虫综合防治。E-mail:chenxiulin@yau.edu.cn

Key words: *Trabala vishnou gigantina*; *Hippophae rhamnoides*; insecticide; insecticidal activity

栎黄枯叶蛾(*Trabala vishnou gigantina* Yang)属鳞翅目(Lepidoptera)、枯叶蛾科(Lasiocampidae)、黄枯叶蛾属(*Trabala*)昆虫,主要分布于我国陕西、甘肃、山西、河南、河北、江苏、浙江、福建等省[1-2],主要寄主有沙棘(*Hippophae rhamnoides*)、板栗(*Castanea mollissima*)、苹果(*Malus pumila*)、海棠(*Malus spectabilis*)、杏(*Armeniaca vulgaris*)、杨(*Populus* L.)、柳(*Salix babylonica*)、石榴(*Punica granatum*)、核桃(*Juglans regia*)等植物[3-4]。栎黄枯叶蛾以幼虫危害叶片,低龄幼虫(1～3 龄)主要取食叶肉,高龄幼虫可取食整个叶片,大发生时常将整个叶片啃食殆尽,甚至造成整株树体干枯死亡。

20 世纪 90 年代末以来,延安市吴起县在退耕还林、植被重建过程中共营造人工沙棘林 12.53 万 hm^2,沙棘林在水土保持和当地生态修复过程中发挥了极其重要的作用[5-6]。随着单一沙棘林面积的不断扩大,加之对沙棘重大虫害监测和防控的投入不足,致使沙棘栎黄枯叶蛾在当地重度发生危害,严重影响着沙棘林作为水土保持林种生态功能的发挥。目前,对栎黄枯叶蛾的研究报道较少,主要集中在生物学特性[2,7-10]、空间分布格局[11-12]、寄主植物偏好性[3,13-14]、地理种群遗传多样性[15]及防治技术[16-17]等方面。黄胜先等[18]研究了 4 种生物药剂对栎黄枯叶蛾幼虫的毒力,结果表明施药 14 d 后 0.02 g/mL 球孢白僵菌、0.02 g/mL 绿僵菌和 0.004 g/mL 藜芦碱的校正死亡率可达 50%以上,以上生物制剂对该幼虫具有一定的毒力活性;章一巧等[19]研究表明 2.5%高效氯氟氰菊酯水乳剂和 5%桉油精对栎黄枯叶蛾幼虫具有较好的防治效果。目前,由于吴起县沙棘林面积大、可进入性差、施药难度大,防治害虫存在诸多困难,筛选出对栎黄枯叶蛾幼虫具有高效、低毒的药剂是重中之重。因此,本试验选取了 14 种目前常用于防治鳞翅目幼虫的化学和生物源杀虫剂,测定其对栎黄枯叶蛾 4 龄幼虫的杀虫活性,为高效防治该虫提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　供试虫源

供试虫源低龄幼虫采自于陕西省吴起县胜利山及大吉沟退耕还林示范区的沙棘林,选取健康、活跃的低龄幼虫在吴起县林业工作站的养虫室饲喂沙棘叶片饲养,饲养条件:温度(25±1)℃,相对湿度(60±5)%,光周期 L//D=15h//9h。待幼虫生长发育至 4 龄时进行杀虫剂的室内杀虫活性测定试验。

1.2　供试药剂

选取目前常用的 14 种防治鳞翅目幼虫的化学杀虫剂和生物源杀虫剂,信息来源如下:4.5%高效氯氰菊酯乳油(EC)(山东恒利达生物科技有限公司),2.8%溴氰菊酯乳油(EC)(贵州利尔化工有限公司),5%高效氯氟氰菊酯水乳剂(EW)(江苏扬农化工有限公司),100 g/L 联苯菊酯水乳剂(EW)(济南绿霸农药有限公司),40%辛硫磷乳油(EC)(连云港立本作物科技有限公司),70%马拉硫磷乳油(EC)(德州绿霸精细化工有限公司),10%四氯虫酰胺悬浮剂(SC)(山东恒利达生物科技有限公司),200 g/L 氯虫苯甲酰胺悬浮剂(SC)(美国杜邦公司),5%阿维菌素乳油(EC)(河北兴柏农业科技有限公司),5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(甲维盐)微乳剂(ME)(山东省青岛润生农化有限公司),18%杀虫双水剂(AS)(江苏安邦电化有限公司),60 g/L 乙基多杀菌素悬浮剂(SC)(陶氏益农公司),25%甲维虫酰肼悬浮剂(SC)(广东新景象生物工程有限公司),0.3%苦参碱水剂(AS)(山东百士威作物保护有限公司)。

1.3　试验方法

杀虫剂对栎黄枯叶蛾 4 龄幼虫的杀虫活性测定采用浸虫法处理试虫[20-22],首先参照杀虫剂说明书推荐的使用剂量及预试验,将供试药剂稀释成 6～8 个质量浓度梯度。将田间采集的未施用任何农药的沙棘叶片洗净、晾干,然后放入长方形塑料盒(17.5 cm×11.8 cm×6.5 cm)中待用。将试虫分别浸入不同质量浓度的药液 5 s 后取出,用滤纸吸去浸药后虫体上多余的药液,然后将其放入剩有沙棘叶片的养虫盒中,并置于与饲养低龄幼虫相同的条件下培养,48 h 后观察记录幼虫的存活数。每个处理 4 次重复,每个重复 10 只试虫。检查记录中用毛笔尖轻轻触动幼虫的肢体,动者记为存活,不动者记为死亡。

1.4　数据处理

利用 Excel 2010 和 SPSS 23.0 软件分别输入试验数据和统计分析,构建毒力回归方程,计算出半致死质量浓度(LC_{50})及其 95%置信限、卡方值及 P 值;对同一杀虫剂不同质量浓度校正死亡率进行方差分析,使用 S-N-K 法进行多重比较。

2　结果与分析

2.1　14 种杀虫剂对栎黄枯叶蛾幼虫的校正死亡率

不同种类的杀虫剂对栎黄枯叶蛾 4 龄幼虫的校

正死亡率具有较大的差异，拟除虫菊酯类杀虫剂对幼虫的杀虫活性整体较高，如 5.00、2.50 mg/L 和 1.25 mg/L 的高效氯氟氰菊酯 EW 对幼虫的校正死亡率分别达(95.00±2.89)%、(92.50±2.50)%和(87.50±4.78)%(表 1)；质量浓度为 9.00 mg/L 和 4.50 mg/L 的高效氯氰菊酯 EC 对试虫的校正死

表 1 14 种杀虫剂不同质量浓度对栎黄枯叶蛾 4 龄幼虫的触杀活性

Table 1 Insecticidal activity of 14 insecticides with different concentrations to the 4th instar larvae of *Trabala vishnou gigantina*

药剂	质量浓度/(mg·L^{-1})	校正死亡率/%	药剂	质量浓度/(mg·L^{-1})	校正死亡率/%
10%四氯虫酰胺 SC	100.00	(60.00±4.08) a	200 g/L 氯虫苯甲酰胺 SC	200.00	(95.00±5.00) a
	50.00	(52.50±6.29) ab		100.00	(67.50±11.08)b
	25.00	(50.00±7.07) ab		50.00	(52.50±4.78)bc
	16.70	(40.00±5.77)abc		33.30	(50.00±4.08)bc
	12.50	(37.50±2.50)abc		25.00	(40.00±5.77)c
	10.00	(32.50±6.29)bc		20.00	(35.00±9.57)c
	5.00	(20.00±4.08)c		10.00	(25.00±2.88)c
40%辛硫磷 EC	400.00	(100.00±0.00)a	100 g/L 联苯菊酯 EW	25.00	(100.00±0.00)a
	200.00	(97.50±2.50)a		12.50	(95.00±2.89)a
	100.00	(85.00±6.45)ab		6.25	(92.50±4.79)a
	66.70	(77.50±6.29)ab		3.13	(80.00±4.08)a
	50.00	(67.50±8.54)b		2.08	(47.50±10.31)b
	40.00	(60.00±7.07)b		1.67	(32.50±8.54)b
	20.00	(37.50±8.54)c		1.25	(30.00±9.13)b
2.8%溴氰菊酯 EC	7.00	(95.00±2.89)a	4.5%高效氯氰菊酯 EC	9.00	(87.50±4.78)a
	3.50	(87.50±6.29)ab		4.50	(85.00±2.89)ab
	1.75	(70.00±9.13)bc		2.25	(75.00±2.89)ab
	0.88	(67.50±7.50)bc		1.13	(70.00±4.08)abc
	0.58	(65.00±6.45)bc		0.75	(65.00±2.89)bc
	0.47	(60.00±4.08)cd		0.45	(65.00±9.57)bc
	0.35	(52.50±4.79)cd		0.32	(52.50±2.50)c
	0.28	(45.00±5.77)d		0.25	(45.00±12.91)c
60 g/L 乙基多杀菌素 SC	30.00	(95.00±2.88)a	5%阿维菌素 EC	25.00	(77.50±4.78)a
	15.00	(90.00±6.29)a		12.50	(60.00±7.07)ab
	7.50	(60.00±9.13)b		6.25	(55.00±9.57)ab
	3.75	(52.50±9.46)bc		3.13	(32.50±6.29)b
	1.88	(50.00±5.77)bc		1.56	(40.00±7.07)b
	1.20	(30.00±7.07)c		1.00	(35.00±6.45)b
5%甲维盐 ME	25.00	(82.50±4.79)a	18%杀虫双 AS	180.00	(75.00±5.00)a
	12.50	(57.50±4.79)b		90.00	(57.50±2.50)b
	6.25	(45.00±2.88)b		45.00	(30.00±4.08)c
	3.13	(32.50±6.29)bc		22.50	(25.00±5.00)c
	1.56	(32.50±13.77)bc		11.25	(22.50±2.51)c
	1.00	(12.50±2.50)c		5.63	(20.00±4.08)c
0.3%苦参碱 AS	1.50	(42.50±7.50)a	25%甲维虫酰肼 SC	125.00	(62.50±4.78)a
	0.75	(30.00±4.08)ab		62.50	(40.00±4.08)b
	0.38	(30.00±4.08)ab		31.25	(35.00±2.89)b
	0.19	(25.00±2.89)b		15.63	(32.50±10.31)b
	0.09	(20.00±0.00)b		7.81	(27.50±2.50)b
	0.06	(15.00±2.89)b		5.00	(17.50±2.89)b
70%马拉硫磷 EC	350.00	(90.00±5.77)a	5%高效氯氟氰菊酯 EW	5.00	(95.00±2.89)a
	175.00	(30.00±0.00)b		2.50	(92.50±2.50)a
	116.67	(27.50±6.29)b		1.25	(87.50±4.78)ab
	87.50	(27.50±7.50)b		0.83	(75.00±2.89)b
	70.00	(25.00±10.41)b		0.50	(55.00±5.00)c
	35.00	(20.00±0.00)b		0.38	(42.50±6.29)c

注：表中数据为平均值±标准误，数据后不同小写字母表示相同药剂不同质量浓度处理下 4 龄幼虫校正死亡率差异显著($P<0.05$)。

亡率分别达(87.50±4.78)%和(85.00±2.89)%;100 g/L 联苯菊酯 EW 依次稀释至 25.0、12.5、6.25、3.125 mg/L,2.8%溴氰菊酯 EC 稀释至 7.00 和 3.50 mg/L 时,试虫的校正死亡率均>80%。其次,60 g/L 乙基多杀菌素 SC、5%阿维菌素 EC、5%甲维盐 ME 分别稀释至 15.0、25.0 和 25.0 mg/L 时,处理 48 h 后的试虫其校正死亡率分别为(90.00±6.29)%、(77.50±4.78)%和(82.50±4.79)%。40%辛硫磷 EC、200 g/L 氯虫苯甲酰胺 SC 和 18%杀虫双 AS 的校正死亡率也可达 70%以上,表明以上杀虫剂对栎黄枯叶蛾 4 龄幼虫具有较高的触杀效果。70%马拉硫磷 EC、25%甲维虫酰肼 SC 和 0.3%苦参碱 AS 对栎黄枯叶蛾 4 龄幼虫的杀虫活性整体较低,除个别高质量浓度梯度外,大多数梯度质量浓度处理的幼虫其 48 h 的校正死亡率小于 45%。

2.2　不同杀虫剂对栎黄枯叶蛾 4 龄幼虫的杀虫活性

由于在待测质量浓度梯度范围内,0.3%苦参碱水剂稀释后的最高质量浓度(1.5 mg/L)处理幼虫的校正死亡率小于 50%,因此未建立毒力回归方程并计算 LC_{50}。其他 13 种杀虫剂对栎黄枯叶蛾 4 龄幼虫的杀虫活性如表 2 所示。在 13 种药剂中,高效氯氰菊酯对栎黄枯叶蛾 4 龄幼虫的杀虫活性最高,其 LC_{50} 为 0.199 mg/L;其次依次为溴氰菊酯、高效氯氟氰菊酯、联苯菊酯、乙基多杀菌素、阿维菌素和甲维盐,其 LC_{50} 值分别为 0.302、0.399、2.046、2.733、4.675 mg/L 和 6.47 mg/L;辛硫磷、氯虫苯甲酰胺、四氯虫酰胺、杀虫双和甲维虫酰肼表现出较低的杀虫活性,LC_{50} 介于 30.029～81.195 mg/L;马拉硫磷对栎黄枯叶蛾幼虫的杀虫活性最低,其 LC_{50} 达 307.862 mg/L。

表 2　13 种杀虫剂对栎黄枯叶蛾 4 龄幼虫的杀虫活性

Table 2　Bioactivity of 13 insecticides against the 4th instar larvae of *T. vishnou gigantina*

供试药剂	毒力回归方程	致死中质量浓度 /(mg·L^{-1})LC_{50}	95%置信限 /(mg·L^{-1})	卡方(自由度) $\chi^2(df)$	P
溴氰菊酯	$y=0.539+1.037x$	0.302	0.004～0.65	0.63(6)	0.987
高效氯氰菊酯	$y=0.496+0.708x$	0.199	0.00～0.65	0.21(6)	0.999
高效氯氟氰菊酯	$y=0.721+1.806x$	0.399	0.09～0.66	0.68(4)	0.954
联苯菊酯	$y=-0.829+2.665x$	2.046	1.32～2.83	1.83(5)	0.871
辛硫磷	$y=-3.254+2.203x$	30.029	12.30～44.20	0.19(5)	0.999
马拉硫磷	$y=-3.455+1.388x$	307.862	179.30～716.93	1.44(5)	0.920
阿维菌素	$y=-0.54+0.806x$	4.675	1.66～24.12	1.04(5)	0.959
甲维盐	$y=-0.984+1.214x$	6.470	3.25～17.65	1.13(4)	0.889
乙基多杀菌素	$y=-0.617+1.394x$	2.733	1.01～4.98	1.57(4)	0.814
氯虫苯甲酰胺	$y=-2.324+1.5x$	35.449	19.39～62.28	1.18(5)	0.947
四氯虫酰胺	$y=-1.064+0.675x$	37.725	19.28～72.36	0.13(4)	0.998
杀虫双	$y=-1.873+1.025x$	67.208	31.20～395.71	1.55(4)	0.817
甲维虫酰肼	$y=-1.119+0.586x$	81.195	23.84～295.9	0.85(5)	0.973

3　结论与讨论

本研究通过浸虫法测定了 14 种杀虫剂对栎黄枯叶蛾 4 龄幼虫的室内杀虫活性,结果表明,药后 48 h,拟除虫菊酯类杀虫剂对栎黄枯叶蛾幼虫表现出了很高的杀虫活性,稀释倍数在 10 000 倍以下时其校正死亡率均可达 80%以上;苦参碱对栎黄枯叶蛾幼虫的杀虫活性最低,不同质量浓度梯度处理下的幼虫其校正死亡率均小于 45%。LC_{50} 的大小反映了昆虫对药剂的敏感程度,LC_{50} 越小,说明栎黄枯叶蛾对药剂越敏感,即药剂的毒力越大[19]。在 13 种药剂中,拟除虫菊酯类药剂的毒力最大,LC_{50} 介于 0.199～2.046 mg/L,乙基多杀菌素、阿维菌素、甲维盐次之,其 LC_{50} 分别为 2.733、4.675 mg/L 和 6.470 mg/L;马拉硫磷的毒力最低,其 LC_{50} 达 307.862 mg/L。以上结果表明,拟除虫菊酯类药剂和乙基多杀菌素、阿维菌素、甲维盐可以用于栎黄枯叶蛾幼虫的防治。

本试验结果表明,溴氰菊酯、高效氯氰菊酯、联苯菊酯和高效氯氟氰菊酯 4 种拟除虫菊酯类杀虫剂对栎黄枯叶蛾幼虫的毒力整体最高,其结果与章一巧等[19]的研究结论基本一致。拟除虫菊酯类杀虫剂具有杀虫效率高、毒性低、易降解的优点,但此类杀虫剂杀虫谱广,对天敌等非靶标昆虫亦具有强烈的杀虫活性[23],长期重复使用易导致害虫产生抗药性及次要害虫的猖獗,如世界范围内已有 125 种蚊虫对拟除虫菊酯类杀虫剂产生了抗性[24-25],小菜蛾(*Plutella xylostella*)[26-27]、棉蚜(*Aphis gossypii*)[28]、Q 烟粉虱(*Bemisia tabaci*)[29]已对部分拟除虫菊酯类杀虫剂达到高抗水平($R^2>100.0$)。拟除虫菊酯类杀虫剂虽然对栎黄枯叶蛾幼虫具有强烈的杀虫活性,但不应该在日常的治理害虫中长期重

复使用,可作为栎黄枯叶蛾幼虫大爆发时的应急药剂使用。

乙基多杀菌素、阿维菌素、甲维盐来源于微生物代谢产物,属生物源农药。本试验表明乙基多杀菌素、阿维菌素和甲维盐对栎黄枯叶蛾幼虫均表现出较高的毒力,这与李飞广[30]的研究结果基本一致,其毒力测定结果比章一巧等[19]的结果较高,可能是由于试验所用试虫龄期不同,昆虫不同发育龄期对药剂的敏感性存在一定的差异。苦参碱对栎黄枯叶蛾幼虫的杀虫活性最低,推测可能是其作为天然植物性农药杀虫效果缓慢,而本试验仅统计了施药后48 h 的毒力,此时苦参碱对幼虫的触杀和胃毒作用尚未显现。因此,苦参碱对栎黄枯叶蛾幼虫的实际毒力效果尚待进一步研究。乙基多杀菌素、阿维菌素和甲维盐作为生物源农药,不仅表现出较好的毒力,而且一般对非靶标生物安全[31-32],对于果叶兼用的生态经济型树种沙棘来说,喷洒农药防治虫害时需要综合考虑毒性和安全系数,所以在栎黄枯叶蛾幼虫的防治中应优先选用以上生物源杀虫剂。

本试验使用浸虫法仅测定了 14 种杀虫剂对栎黄枯叶蛾 4 龄幼虫的触杀效果,在以上 14 种药剂中,高效氯氰菊酯、溴氰菊酯、高效氯氟氰菊酯、联苯菊酯、乙基多杀菌素、阿维菌素、辛硫磷、四氯虫酰胺、杀虫双、马拉硫磷和苦参碱 11 种杀虫剂同时具备触杀和胃毒作用,而氯虫苯甲酰胺和甲维盐以胃毒为主,兼有触杀作用,此次试验发现氯虫苯甲酰胺对栎黄枯叶蛾幼虫的 LC_{50}(35.449 mg/L)较使用浸叶法测定的其他鳞翅目幼虫如美国白蛾 *Hyphantria cunea*(0.616 3 mg/L)[33]、草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda*(4.843 mg/L)[34]、金纹细蛾 *Lithocolletis ringoniella*(5.86 mg/L)[35]等的 LC_{50} 大。与氯虫苯甲酰胺类似,采用浸叶法测定的甲维盐对其他鳞翅目幼虫的 LC_{50} 亦较本试验采用浸虫法测得的 LC_{50} 值小[36-37]。其他同时兼备触杀和胃毒作用的杀虫剂,其触杀和胃毒哪种作用方式对栎黄枯叶蛾幼虫的毒力更高需要进一步深入研究。此外,杀虫剂对靶标害虫的防治效果尚与昆虫的虫态、虫龄、环境温湿度、光照、风力等因素相关,本次筛选获得的对栎黄枯叶蛾幼虫具有较高毒力活性的杀虫剂,其实际的防治效果尚有待进一步田间试验验证。

参考文献:

[1] 任作佛.陕西栎黄枯叶蛾 *Trabala vishnou* Lefebure 之初步记述[J].西北农学院学报,1957,21(2):103-108.

[2] 刘永华,章一巧,阎雄飞,等.栎黄枯叶蛾对沙棘林的危害及生物学特性[J].植物保护,2013,39(2):147-151,169.
LIU Y H,ZHANG Y Q,YAN X F,*et al*. Damage of *Trabala vishnou gigantina* (Lepidoptera: Lasiocampidae) to the seabuckthorn forest and its biological characteristic[J]. Plant Protection,2013,39(2):147-151,169. (in Chinese)

[3] WEN D M,YU L F,LIU Y H,*et al*. *Trabala vishnou gigantina* Yang (Lepidoptera: Lasiocampidae) larval fitness on six sympatric plant species in sea-buckthorn forest[J]. Journal of Insect Behavior,2016,29(5):591-604.

[4] 温冬梅,刘永华,任利利,等.栎黄枯叶蛾生长发育与几种寄主内含物的关系[J].应用昆虫学报,2016,53(1):157-163.
WEN D M,LIU Y H,REN L L,*et al*. The effect of host plant species on the development of *Trabala vishnou gigantina* Yang (Lepidoptera: Lasiocampidae)[J]. Chinese Journal of Applied Entomology,2016,53(1):157-163. (in Chinese)

[5] 宗德禄.吴起县"果用型"沙棘林分改造技术[J].国际沙棘研究与开发,2006,4(3):19-21.
ZONG D L. Discussion on reclaiming techniques on seabuckthorn plantations for fruit types in Wuqi county[J]. The Global Seabuckthorn Research and Development,2006,4(3):19-21. (in Chinese)

[6] 贺斌,李根前,徐德兵,等.沙棘克隆生长及其生态学意义[J].西北林学院学报,2006,21(3):54-59.
HE B,LI G Q,XU D B,*et al*. The clonal growth and its ecological significance of *Hippophae*[J]. Journal of Northwest Forestry University,2006,21(3):54-59. (in Chinese)

[7] 王世飞,宗世祥,张金桐,等.栎黄枯叶蛾生物学特性研究[J].山西农业大学学报:自然科学版,2012,32(3):235-239.
WANG S F,ZONG S X,ZHANG J T,*et al*. Biological characteristics of the *Trabala viahnou gigantina* Yang (Lepidoptera: Lasiocampidae)[J]. Journal of Shanxi Agricultural University: Natural Science Edition,2012,32(3):235-239. (in Chinese)

[8] 刘永华,阎雄飞,陆鹏飞,等.低温胁迫对栎黄枯叶蛾越冬卵发育和存活的影响[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2018,46(10):126-130.
LIU Y H,YAN X F,LU P F,*et al*. Effects of low temperature on development and survivorship of overwintering eggs of *Trabala vishnou gigantina* Yang (Lepidoptera: Lasiocampidae)[J]. Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition,2018,46(10):126-130. (in Chinese)

[9] ZHANG Y Q,LI X H,LUO Y Q,*et al*. The emergence and rmating rhythms of *Trabala vishnou gigantina* (Lepidoptera: Lasiocampidae)[J]. Journal of Animal and Veterinary Advances,2013,12(17):1404-1408.

[10] 温冬梅,陆鹏飞,骆有庆,等.栎黄枯叶蛾幼虫寄主选择机制的光谱学研究[J].光谱学与光谱分析,2017,37(2):541-544.
WEN D M,LU P F,LUO Y Q,*et al*. Spectroscopic studies on the host plant selection mechanism of *Trabala vishnou gigantina* Yang (Lepidoptera: Lasiocampidae)[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis,2017,37(2):541-544. (in Chinese)

[11] 章一巧,宗世祥,刘永华,等.陕西省栎黄枯叶蛾蛹的空间分布[J].生态学报,2012,32(20):6308-6317.
ZHANG Y Q,ZONG S X,LIU Y H,*et al*. Spatial distribution of *Trabala vishnou gigantina* Yang pupae in Shaanxi Province,China[J]. Acta Ecologica Sinica,2012,32(20):6308-6317. (in Chinese)

[12] 俞琳锋,王荣,张燕如,等. 3 种共同危害沙棘的害虫的空间分布格局研究[J]. 中国农学通报,2015,31(4):200-207.
YU L F,WANG R,ZHANG Y R. Research on the spatial distribution pattern of three kinds of insect pests on *Hippophae rhamnoides* ssp. *Sinensis*[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2015,31(4):200-207. (in Chinese)

[13] LIN J T,HWANG P C,TUNG L C. Visual organization and spectral sensitivity of larval eyes in the moth *Trabala vishnou*, Lefebur (Lepidoptera: Lasiocampidae)[J]. Zoological Studies,2002,41(4):366-375.

[14] 靳泽荣,刘志雄,陈旭鹏,等. 栎黄枯叶蛾对不同植物寄主的偏好性[J]. 植物保护,2017,43(1):40-45.

[15] WU L Y,XIONG X,WANG X M. The complete mitochondrial genome of *Trabala vishnou guttata* (Lepidoptera:Lasiocampidae) and the related phylogenetic analyses[J]. Genetica,2016,144(6):675-688.

[16] 陈孝达,张学武. 沙棘昆虫种群结构及综合防治研究[J]. 陕西林业科技,2000(2):36-39.

[17] 刘永华,李鲜花,阎雄飞,等. 糖醋酒液对栎黄枯叶蛾的诱杀作用[J]. 陕西农业科学,2019,65(5):44-46.

[18] 黄胜先,李佳林,秦晓胶,等. 4 种生物药剂对蓝莓栎黄枯叶蛾幼虫的室内毒力研究[J]. 安徽农业科学,2015,43(5):144-145,147.

[19] 章一巧,骆有庆,刘永华,等. 6 种药剂防治栎黄枯叶蛾幼虫的毒力和药效评价[J]. 西北农业学报,2012,21(10):165-168.
ZHANG Y Q,LUO Y Q,LIU Y H,*et al*. Toxicity and efficacy evaluation of six pesticides for controlling *Trabala viahnou gigantina* Yang larvae[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica,2012,21(10):165-168. (in Chinese)

[20] 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]. Acta Phytophylacica Sinica,2012,39(2):147-152. (in Chinese)

[21] 周国辉,刘晓亮,梁育喆,等. 14 种杀虫剂对瓜实蝇老熟幼虫和蛹的毒力测定[J]. 农药,2012,51(3):209-212.

[22] 张旭东,武荣祥,赵奇,等. 陕西关中地区苹果园苹果全爪螨对 4 种杀螨剂的抗药性评估[J]. 西北林学院学报,2017,32(2):197-201.
ZHANG X D,WU R X,ZHAO Q,*et al*. Resistance monitoring of *Panonychus ulmi* from apple orchards to four acaricides in Guanzhong[J]. Journal of Northwest Forestry University,2017,32(2):197-201. (in Chinese)

[23] 钱范俊. 拟除虫菊酯对松林内几种天敌的毒性测定[J]. 南京林业大学学报,1987(1):52-60.
QIAN F J. Determinations of the toxicity of pyrethroid to several important natural enemies in the pinery[J]. Journal of Nanjing Forestry University,1987(1):52-60. (in Chinese)

[24] RANSON H,PATON M G,JENSEN B,*et al*. Genetic mapping of genes conferring permethrin resistance in the malaria vector, *Anopheles gambiae*[J]. Insect Molecular Biology,2004,13(4):379-386.

[25] WONDJI C S,IRVING H,MORGAN J,*et al*. Two duplicated P_{450} genes are associated with pyrethroid resistance in *Anopheles funestus*, a major malaria vector[J]. Genome Research,2009,19(3):452-459.

[26] HAMA H. Development of pyrethroid resistance in the diamondback moth, *Plutella xylostella* Linne (Lepidoptera: Yponomeutidae)[J]. Applied Entomology and Zoology,1987,22(2):166-175.

[27] 王建军,韩召军,王荫长. 南京小菜蛾对拟除虫菊酯的抗性机制[J]. 植物保护学报,2008,35(6):541-545.
WANG J J,HAN Z J,WANG Y C. Mechanisms pyrethroids resistance in diamond back moth, *Plutella xylostella* (L), from Nanjing[J]. Acta Phytophylacica Sinica,2008,35(6):541-545. (in Chinese)

[28] 洪波,陈安良,冯俊涛,等. 我国棉蚜抗药性研究现状[J]. 西北农业学报,2000,9(1):118-122.
HONG B,CHEN A L,FENG J T,*et al*. The current study on the insecticide-resistance of cotton aphids in China[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica,2000,9(1):118-122. (in Chinese)

[29] WANG R,CHE W N,WANG J D,*et al*. Monitoring insecticide resistance and diagnostics of resistance mechanisms in *Bemisia tabaci* Mediterranean (Q biotype) in China[J]. Pesticide Biochemistry & Physiology,2020,163:117-122.

[30] 李飞广. 3 种药剂对柑橘栗黄枯叶蛾的防治效果[J]. 浙江农业科学,2013(11):1456-1458.

[31] PRAVALLIKA B K,PARIMALA S,SUMAKANTH M. A review on natural pesticides[J]. World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences,2017,6(9):731-742.

[32] 曾广,郅军锐,张昌容,等. 七种杀虫剂对烟蚜和南方小花蝽的毒力测定[J]. 中国烟草科学,2018,39(3):59-65.

[33] 常秀辉,范晓溪,班兰凤,等. 杀虫剂四氯虫酰胺对美国白蛾的室内活性及田间药效评价[J]. 农药,2018,57(10):762-763.

[34] 鲁艳辉,田俊策,郑许松,等. 室内测定 6 种化学杀虫剂对草地贪夜蛾幼虫的毒力[J]. 环境昆虫学报,2020,42(2):329-334.
LU Y H,TIAN J C,ZHENG X S,*et al*. Laboratory toxicity test of 6 chemical insecticides against *Spodoptera frugiperda*[J]. Journal of Environmental Entomology,2020,42(2):329-334. (in Chinese)

[35] 栾炳辉,曲恒华,王英姿,等. 不同类型杀虫剂对苹果金纹细蛾的室内毒力及田间防效[J]. 中国果树,2019(1):65-67.

[36] 吴正伟,李运,徐进,等. 虫酰肼和甲维盐对甜玉米草地贪夜蛾的生物活性及田间防效[J]. 环境昆虫学报,2019,41(5):968-973.
WU Z W,LI Y,XU J,et al. Control efficacy of tebufenozide and emamectin benzoate against *Spodoptera frugiperda* both under the lab and crop field conditions[J]. Journal of Environmental Entomology,2019,41(5):968-973. (in Chinese)

[37] 张秀霞,赵方彬,白婷婷,等. 几种杀虫剂对甜菜夜蛾的室内毒力及田间防效[J]. 中国农学通报,2020,36(12):127-131.
ZHANG X X,ZHAO F B,BAI T T,*et al*. Several insecticides to *Spodoptera exigua*: indoor toxicity and field efficacy[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2020,36(12):127-131. (in Chinese)