

刘雨晴,刘冠华,王 韬,等.天然苦皮藤素和花椒素混配防治枸杞害虫的室内毒力和田间药效[J].江苏农业科学,2020,48(2):108-112.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.02.019

天然苦皮藤素和花椒素混配防治枸杞害虫 的室内毒力和田间药效

刘雨晴,刘冠华,王 韬,李 建,景炳年,魏 磊,赵天增

(河南省植物天然产物开发工程技术研究中心,河南郑州 450002)

摘要:以天然苦皮藤素和花椒素混配新型环保杀虫剂,探索该杀虫剂对枸杞蚜虫和枸杞木虱的室内毒力及田间药效。结果表明,分别以乙醇和甲醇为溶剂提取,获得天然苦皮藤素和花椒素对枸杞蚜虫和枸杞木虱有明显的协同增效作用,二者质量比为 2:1 时,增效作用最强;田间试验进一步验证了该杀虫剂对枸杞蚜虫和枸杞木虱有良好的防效。12.0% 苦·椒水乳剂稀释 500 倍液处理后 3、7、15 d,对枸杞蚜虫的防效分别高达 95.23%、98.07%、98.06%,对枸杞木虱的防效分别高达 96.98%、97.73%、98.10%;并且在本试验用药范围内对靶标作物及有益生物安全。与现有的单一制剂相比,除具有明显的杀虫效果外,还可以有效降低施药成本,减缓抗药性的产生,减少制剂残留量。

关键词:苦皮藤;花椒;枸杞蚜虫;枸杞木虱;植物源农药;绿色农业;增效

中图分类号: S435.671 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)02-0108-05

近年来,高毒、高残留化学农药成为污染生态环境、危害食品安全和民众健康的重要问题。随着人们对化学农药危害的认识,世界发达国家和部分发展中国家均已限制有毒化学农药的使用,许多国家制定了减少化学农药使用的对策,提出化学农药的替代产品。我国是一个农业大国,农药在我国的农业生产中发挥着十分重要的作用。严格限制使用化学农药,解决农药残留超标,提高农产品的安全性及我国农产品在国际市场上的竞争力需求迫切。

为适应我国农业可持续发展策略,农药的发展方向将从非选择性农药转向选择性农药,从传统的有机化学物质转向生态合理农药和环境和谐农药,以利于保护环境,促进农业的可持续发展。因此,许多生物农药由于具有选择性强,对人畜安全,对非靶标生物的影响较小,能保持自然生态平衡,在自然环境中易于降解,无残留,不污染环境,多种因素和成分发挥作用,有害生物难以产生抗药性等

优点而日益受到重视^[1]。

植物源农药是人类历史上最古老的生物农药之一,它取自自然,用于自然,能迅速降解,无环境污染问题,有高选择性,对人畜安全,而且还有不产生抗药性、无药害、有肥效、对作物生长有刺激作用,可兼治病虫害等优点,现已成为绿色生物农药首选之一。植物天然产物苦皮藤素来源于传统杀虫植物卫矛科南蛇藤属苦皮藤(*Celastrus angulatus* Max.)的根皮^[2]。苦皮藤别称萝卜药,自然资源丰富,广泛分布在黄河、长江流域,以河南、陕西、湖北等地区最为集中;其根系发达,环境适应力和再生能力都非常强,并且目前其人工繁育技术已经成熟^[3]。苦皮藤对蚜虫(Aphidoidea)、小菜蛾(*Plutella xylostella* Linnaeus)、黏虫(*Leucania separata* Walker)等多种害虫均具有一定的生物活性^[4]。花椒(*Pericarpium zanthoxyli*),属芸香科,花椒属,分布于中南、西南及辽宁、河北、陕西、甘肃、山东、江苏、安徽、浙江、江西、西藏等地。常用作烹饪调料和中药配料,花椒还具有驱虫作用,花椒精油对玉米象和储粮曲霉与青霉均具有显著的熏杀效果^[5]。花椒三氯甲烷提取物对卵和雌成螨都有较高的生物活性,当提取物浓度为 2 mg/mL 时,处理山楂叶螨的卵、雌成螨 24 h 后的校正死亡率分别为 55.57%、64.14%,LC₅₀分别为 2.09、1.13 mg/mL^[6];但单剂速效性较差,存在着对害虫药效慢、田间药效一般、

收稿日期:2018-11-02

基金项目:河南省科学院重大专项(编号:190108003);河南省科学院基本科研课题(编号:190613034);河南省科学院助推科技成果转化专项(编号:190213012)。

作者简介:刘雨晴(1981—),女,山东菏泽人,博士,副研究员,研究方向为植物天然产物的开发与应用。Tel:(0371)55935573;E-mail:myjoe00@163.com。

喷药次数多、稀释倍数较低等共同缺陷,亟待解决。

杀虫剂联合使用被认为是克服或延缓害虫抗药性的有效措施之一,农药混配是利用和改造农药老品种,提高其防治效果的一种有效途径,具有重要的实践意义。因此,本研究室提出以活性成分组和组分分配伍理念研究、筛选具有特定功效的天然成分组,以此理念进行新型植物源农药的开发,能够较好地发挥植物源天然活性成分组多成分、多靶点、协同增效优势,解决植物源农药活性偏低、速效性差的难题。本研究开展天然苦皮藤素和天然花椒素防治枸杞蚜虫和枸杞木虱的配伍应用研究,利用 2 种植物源农药优势互补的特点,充分改善单剂缺点,以期研制高效低毒的生物农药奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

试验用枸杞蚜虫、枸杞木虱 (*Poratrisia sinica* Yang et Li.) 采自宁夏中宁枸杞基地。

1.2 杀虫活性成分组制备

天然苦皮藤素:将苦皮藤根皮粉碎,得到苦皮藤根皮粉,加入苦皮藤根皮粉质量 3~5 倍的乙醇,在 60~80 ℃ 超声提取 1~4 h,过滤后减压浓缩成膏状粗提物,所用的乙醇的质量浓度为 95%。

天然花椒素:将花椒粉碎,加入花椒粉质量 3~6 倍的甲醇,在 40~70 ℃ 超声提取 4~6 h,过滤后减压浓缩至膏状粗提物。

1.3 植物源农药配制

药剂 1~药剂 4 分别为 9.0%、10.0%、12.0%、7.5% 苦·椒水乳剂。

制备方法如下:(1)将含有天然苦皮藤素和天然花椒素的杀虫组合物(浓度为 7.5%~12.0% 用溶剂 3%~30% 环己酮溶解,以 800~1 000 r/min 的速度搅拌 10~30 min 得到均一的油相混合物;(2)将乳化剂 2%~5% 农乳 2201、防腐剂 0.5%~1% 苯甲酸钠、防冻剂 0.5%~1% 乙二醇、增效剂 1%~3% 增效醚、稳定剂 0.5%~2% 1,2-丁二醇和 1/3~1/2 的水,以 800~1 000 r/min 的速度搅拌 10~30 min 即得到均一的水相混合物;(3)将第 2 步得到的水相混合物加入第 1 步得到的油相混合物中,然后在 10 000~12 000 r/min 条件下高速搅拌 10~30 min,同时补充剩余的水,即可形成水包油型的杀虫水乳剂。

1.4 室内联合毒力测定

1.4.1 对枸杞蚜虫室内联合毒力测定 试虫处理采用浸渍法。采集新鲜的带有蚜虫的枸杞嫩梢,剔除有翅蚜虫和多余蚜虫,使蚜虫大小基本一致,密度适中,然后将其在药液中浸渍 5 s,取出晾干后,放入已垫有滤纸的直径为 9 cm 的培养皿中,培养皿加水保湿,置入 RXZ 智能人工光照气候箱中,温度为 (25±0.5) ℃,相对湿度为 60%,光-暗周期为 14 h—10 h,24 h 后检查各处理死亡虫数,并计算校正死亡率。死亡标准为以毛笔轻触蚜体,蚜足不能动者即为死亡^[7]。

所得死亡率用 Abbott 公式进行校正,根据药剂浓度对数值与校正死亡率概率值的直线回归法,计算毒力回归方程、致死中浓度 (lethal concentration 50,简称 LC₅₀)。混剂采用 Sun 等的公式计算出共毒系数 (co-toxicity coefficient,简称 CTC)^[8]。增效判断标准:CTC≥200 为显著增效,150≤CTC<200 为增效作用较小,70<CTC<150 为相加作用,CTC≤70 为拮抗作用^[9]。

$$\text{单剂毒力指数} = \frac{\text{标准杀虫剂 LC}_{50}}{\text{供试杀虫剂 LC}_{50}} \times 100;$$

$$\text{CTC} = \left[\frac{\text{实测(A+B)混合剂的毒力指数}}{\text{供理论(A+B)混合剂的毒力指数}} \right] \times 100;$$

$$\begin{aligned} \text{实测(A+B)混合剂的毒力指数} = \\ \frac{\text{标准杀虫剂 LC}_{50}}{(\text{A+B)混合剂 LC}_{50}} \times 100; \end{aligned}$$

理论(A+B)混合剂的毒力指数 = A×A_c + B×B_c。式中:A表示A单剂毒力指数;A_c表示A在混剂中所占百分率;B表示B单剂毒力指数;B_c表示B在混剂中所占百分率。

1.4.2 对枸杞木虱室内联合毒力测定 取附有木虱的枸杞叶,用毛笔挑选个体大小相近的木虱,均匀摆放在叶片正面上并使每张叶片上存有木虱 20~30 头,将叶片浸入已配制好的农药药液中,浸渍 5 s 后取出,用吸水纸吸去多余的药液并晾干,然后放入铺有 3 层湿吸水纸的 90 mm 培养皿中,用 2 层湿纱布封口后盖上培养皿盖子,室内温度保持在 (26±1) ℃。每个处理重复 3 次,以清水为对照。24 h 后调查总虫数和死虫数。死亡标准为用小毛笔轻触虫体及附肢,无任何反应则视为死亡^[10]。计算毒力回归方程、致死中浓度及共毒系数。

1.4.3 防治枸杞蚜虫田间药效试验 试验共分 2 批进行,分别设药剂 1 和药剂 2 为第 1 组,药剂 3 和

药剂 4 为第 2 组,并分别制备各药剂的对照样,其中药剂 1 的对照样是 8% 苦皮藤素和 1% 花椒素,药剂 3 的对照样是 8% 苦皮藤素和 4% 花椒素,药剂 2 的对照样是 10% 苦皮藤素和 5% 花椒素,药剂 4 的对照样是 1.5% 苦皮藤素和 6% 花椒素,同时以清水作为空白对照。

其中各对照样的具体制备方法为(1)将天然苦皮藤素(天然花椒素)与环己酮混合得油相;(2)将农乳 2201、苯甲酸钠、乙二醇、1,2 - 丁二醇和水用量的 1/2 混合得水相;(3)将水相加入到油相中混合,同时补加剩余的水,即得水乳剂。步骤(1)和步骤(2)中混合时均以 900 r/min 的速度搅拌 20 min;步骤(3)混合时在 11 000 r/min 的速度下搅拌 20 min,同时补充余量的水,即可。

试验在宁夏枸杞生产基地进行。选三年生枸杞苗,于枸杞蚜虫第 1 代幼龄若虫始盛期用背负式机动喷雾喷粉机喷施。每个处理重复 3 次,完全随机区组排列,并设保护行。选择晴天 16:00 后,将配制好的药剂进行全株喷雾,喷雾量为 50 kg/667 m²,重点喷洒树冠梢部和叶片正反面,做到均匀、细致、全面覆盖。每个小区选择 10 棵树,每棵树上选择蚜虫较多的 2 个枝条作为固定样枝,用标签标记,注明编号、药剂名称、浓度。施药前调查固定样枝上的虫口基数。从喷药后 3、7、15 d 分别调查每小区固定样枝上的活蚜数^[11]。

应用 SPSS 22.0 软件进行数据分析。
防治效果是将药效调查的数据与空白对照区比较,计算防治效果(虫口减退率),计算公式如下:
虫口减退率 = (处理前虫口基数 - 处理后存活虫数) / 处理前虫口基数 × 100% ;

防治效果 = $\frac{\text{处理区虫口减退率} - \text{对照区虫口减退率}}{1 - \text{对照区虫口减退率}} \times 100\%$ 。

1.4.4 防治枸杞木虱田间药效试验 试验共分 2 批进行,分别设药剂 1 和药剂 2 为第 1 组,药剂 3 和药剂 4 照为第 2 组,并分别制备各药剂的对照样,对照样具体制备参照“1.4.3 节”,同时以清水作为空白对照。试验在宁夏枸杞生产基地进行。每种药剂分别设 2 个浓度处理,以清水作为对照。每个处理选取 3 棵树,随机区组排列,重复 3 次,用手动背负式喷雾器将每株植物充分喷药达不滴液为宜。施药前调查枸杞木虱基数,分别挂牌标记。分别于施药后 3、5、7 d 调查每枝上的木虱数,计算枸杞木虱虫口减退率和防治效果^[12]。

2 结果与分析

2.1 对枸杞蚜虫室内联合毒力

天然苦皮藤素与天然花椒素对枸杞蚜虫的毒力与共毒系数测定计算结果见表 1。

表 1 天然苦皮藤素与天然花椒素对枸杞蚜虫的毒力与共毒系数测定结果

处理	毒力回归方程	LC ₅₀ (mg/L)	共毒系数
天然苦皮藤素(A)	$y = 1.15 + 1.23x$	1 354.75	
天然花椒素(B)	$y = 1.51 + 1.06x$	1 970.09	
A : B = 8 : 1	$y = 1.74 + 1.12x$	809.23	173.43
A : B = 4 : 1	$y = 1.46 + 1.26x$	647.28	223.24
A : B = 2 : 1	$y = 1.87 + 1.14x$	554.25	272.84
A : B = 1 : 1	$y = 1.31 + 1.28x$	759.24	211.46
A : B = 1 : 2	$y = 1.46 + 1.21x$	837.77	204.24
A : B = 1 : 4	$y = 1.22 + 1.26x$	995.23	181.47
A : B = 1 : 8	$y = 1.76 + 1.04x$	1 315.61	142.55

注:表中配比均为质量比;x 表示剂量(或浓度)的对数值;y 表示死亡率的概率值。表 2 同。

由表 1 可知,天然苦皮藤素与天然花椒素 2 种活性成分组按表 1 中的比例复配后对枸杞蚜虫有明显的增效作用,天然苦皮藤素与天然花椒素的质量比为 2 : 1 时,增效作用最强,共毒系数为 272.84;质量比为 8 : 1、4 : 1、1 : 1、1 : 2、1 : 4、1 : 8 时,共毒系数依次为 173.43、223.24、211.46、204.24、181.47、142.55。

2.2 对枸杞木虱室内联合毒力

天然苦皮藤素与天然花椒素对枸杞木虱的毒力与共毒系数测定计算结果见表 2。由表 2 可知,天然苦皮藤素与天然花椒素 2 种活性成分组按表 2 中的比例复配后对枸杞木虱有明显的增效作用,天然苦皮藤素与天然花椒素的质量比为 2 : 1 时,增效作用最强,共毒系数为 280.34;质量比为 8 : 1、4 : 1、1 : 1、1 : 2、1 : 4、1 : 8 时,共毒系数依次为 165.75、221.61、206.03、197.23、172.38、132.29。

2.3 防治枸杞蚜虫田间药效试验

本研究 2 种有效成分组复配的制剂,防治枸杞蚜虫的药效如表 3 和表 4 所示,可知,本研究中 2 种活性成分组复配的制剂对枸杞蚜虫防治效果明显提高,明显优于 2 种活性成分组单独使用,并且有较好的速效性。处理药剂为 9.0%、10.0%、12.0% 苦·椒水乳制稀释 500、800 倍,3 d 后的防效均在 66% ~ 96%;在天然苦皮藤素和天然花椒素的质量比为 2 : 1 时(即药剂 3),稀释 500 倍时防效最佳,

表 2 天然苦皮藤素与天然花椒素对枸杞木虱的毒力与共毒系数测定结果

处理	毒力回归方程	LC ₅₀ (mg/L)	共毒系数
天然苦皮藤素(A)	$y=0.88+1.35x$	1 132.07	
天然花椒素(B)	$y=1.19+1.18x$	1 697.03	
A : B = 8 : 1	$y=1.47+1.24x$	709.23	165.75
A : B = 4 : 1	$y=1.22+1.38x$	547.28	221.61
A : B = 2 : 1	$y=1.65+1.26x$	454.25	280.34
A : B = 1 : 1	$y=1.05+1.40x$	659.24	206.03
A : B = 1 : 2	$y=1.19+1.33x$	737.77	197.23
A : B = 1 : 4	$y=0.93+1.38x$	895.23	172.38
A : B = 1 : 8	$y=1.42+1.16x$	1 215.61	132.29

处理后 3、7、15 d,防效分别高达 95.23%、98.07%、98.06%,并且在本试验用药范围内对靶标作物及有益生物安全。

2.4 防治枸杞木虱田间药效试验

本研究 2 种活性成分组复配的制剂,防治枸杞木虱的药效如表 5 和表 6 所示,可知,本研究 2 种活性成分组复配的制剂对枸杞木虱防治效果明显提高,明显优于 2 种活性成分组单独使用,并且有较好的速效性。处理药剂为 9.0%、10.0% 和 12.0% 苦·椒水乳剂稀释 500、800 倍,3 d 后的防效均在 70%~97% 之间;在天然苦皮藤素和天然花椒素的

表 3 第 1 组药剂防治枸杞蚜虫田间药效试验结果

药剂	稀释倍数(倍)	虫口基数 (头)	施药后 3 d		施药后 7 d		施药后 15 d	
			活虫数(头)	防效(%)	活虫数(头)	防效(%)	活虫数(头)	防效(%)
药剂 1	500	225	47	78.93	43	81.21	36	84.52
	800	259	85	66.90	82	68.87	75	71.99
8% 苦皮藤素	500	283	117	58.30	113	60.74	108	63.09
1% 花椒素	500	271	179	33.38	174	36.86	167	40.40
药剂 2	500	276	44	83.92	41	85.39	34	88.09
	800	281	78	72.00	74	74.10	67	76.94
5% 苦皮藤素	500	244	119	50.81	94	62.12	89	64.72
5% 花椒素	500	213	100	52.65	106	51.06	102	53.68
清水对照		236	234		240		244	

表 4 第 2 组药剂防治枸杞蚜虫田间药效试验结果

药剂	稀释倍数(倍)	虫口基数 (头)	施药后 3 d		施药后 7 d		施药后 15 d	
			活虫数(头)	防效(%)	活虫数(头)	防效(%)	活虫数(头)	防效(%)
药剂 3	500	239	10	95.23	4	98.07	4	98.06
	800	275	47	82.76	45	83.91	40	85.93
8% 苦皮藤素	500	293	118	59.38	115	61.41	113	62.70
4% 花椒素	500	285	142	49.75	141	51.35	139	52.83
药剂 4	500	245	83	65.83	80	67.89	80	68.42
	800	290	135	53.05	135	54.22	127	57.64
1.5% 苦皮藤素	500	251	151	39.32	149	41.63	151	41.81
6% 花椒素	500	227	96	57.35	95	58.85	98	58.24
清水对照		259	227		225		223	

表 5 第 1 组药剂防治枸杞木虱田间药效试验结果

药剂	稀释倍数	虫口基数 (头)	施药后 3 d		施药后 5 d		施药后 7 d	
			活虫数(头)	防%效(%)	活虫数(头)	防效(%)	活虫数(头)	防效(%)
药剂 1	500	248	43	82.45	40	83.48	39	83.83
	800	281	83	70.11	81	70.48	80	70.73
8% 苦皮藤素	500	308	118	61.23	112	62.76	111	62.94
1% 花椒素	500	290	186	35.10	177	37.49	176	37.60
药剂 2	500	292	42	85.45	38	86.67	38	86.62
	800	313	78	74.78	71	76.77	70	77.00
5% 苦皮藤素	500	262	123	52.49	118	53.88	116	54.48
5% 花椒素	500	234	106	54.16	101	55.80	100	56.06
清水对照	—	255	252		249		248	

表 6 第 2 组药剂防治枸杞木虱田间药效试验结果

药剂	稀释倍数	虫口基数 (头)	施药后 3 d		施药后 5 d		施药后 7 d	
			活虫数(头)	防效(%)	活虫数(头)	防效(%)	活虫数(头)	防效(%)
药剂 3	500	267	8	96.98	6	97.73	5	98.10
	800	303	49	83.71	45	84.99	44	85.27
8% 苦皮藤素	500	321	127	60.16	121	61.91	122	61.46
4% 花椒素	500	313	152	51.10	151	51.25	150	51.40
药剂 4	500	273	90	66.80	88	67.43	86	68.05
	800	318	147	53.45	145	53.92	144	54.08
1.5% 苦皮藤素	500	279	164	40.81	159	42.41	159	42.21
6% 花椒素	500	255	107	57.74	107	57.60	104	58.64
清水对照		287	285		284		283	

质量比为 2 : 1 时(即药剂 3),防效最佳,处理后 3、7、15 d,防效分别高达 96.98%、97.73%、98.10%。

此外,对天然苦皮藤素和天然花椒素增效作用最明显的配比 2 : 1 进行小白鼠的急性毒性试验,回归方程为 $y = -1.13 + 1.61x$,急性口服 LD₅₀ 为 6 413.23 mg/kg,在微毒范围内。

3 讨论

把不同作用机制的农药科学合理地复配混用,可起到扩大防治范围、兼治不同病虫害、降低毒性、增加药效、减少用药频次、省时省工、降低成本、延缓抗药性产生等效果^[13]。天然苦皮藤素和天然花椒素 2 种有效成分分别作为杀虫剂用于防治害虫,由于它们的有效成分含量低、击倒速率较慢、防治效果较低、如果提纯浓缩至实用的浓度,则大大提高成本,限制了它们的直接加工利用。本研究结果表明,将 2 种有效成分混用具有显著的增效作用,此复配方案具有对枸杞蚜虫和枸杞木虱害虫防治效果增强、速效性好、持效性长、一药多治的优点,与现有的单一制剂相比,除具有明显的杀虫效果外,还可以有效地降低施药成本、减缓抗性的产生、减少制剂残留量,对作物无污染、安全性好,符合农药制剂的安全性要求等。此外,本研究的杀虫剂是由苦皮藤根皮和花椒组合物的二甲苯活性成分组制成的,与二者分别提取后组合加工制成的乳油制剂活性无显著差异,既可以保障杀虫制剂效果,又可以简化制剂加工工艺、提高生产效率,并且原料易得,具有成本较低,使用方便,不含任何化学农药成分,对人畜和生态环境安全等特点,是一种适于推广使用的植物源杀虫制剂,尤其在有机农产品生产上具有极大应用推广价值,是理想的新型绿色农

药。综上所述,本研究的杀虫组合物具有对枸杞蚜虫和枸杞木虱防治效果增强、速效性好、持效性长的优点,与现有的单一制剂相比,除具有显著的杀虫效果外,还可以有效降低施药成本,减缓抗性的产生,减少制剂残留量,对作物无污染、安全性好,符合农药制剂的安全性要求。

参考文献:

[1]徐汉虹. 杀虫植物与植物性杀虫剂[M]. 北京:中国农业出版社,2001.

[2]吴文君. 杀虫植物苦皮藤研究[J]. 农药,1991,30(6):10-12.

[3]卢令炯,南玉生,柯治国,等. 杀虫植物苦皮藤引种繁殖研究初报[J]. 湖北林业科技,1987,61(3):8-10.

[4]吴文君,姬志勤,胡兆农,等. 杀虫植物苦皮藤中的有效成分及其生物活性[J]. 华中师范大学学报(自然科学版),2005,39(1):50-53.

[5]蒋小龙,杨嘉谷,刘文斌,等. 花椒对玉米象,储粮曲霉和青霉防效的初步研究[J]. 郑州粮食学院学报,1992(3):30-39.

[6]赵金锁,李雅清. 花椒提取物对山楂叶螨的生物活性及作用机理的研究[J]. 山西农业科学,2008,36(8):38-41.

[7]杜玉宁,张宗山,沈瑞清,等. 4 种生物农药对枸杞蚜虫的室内毒力测定[J]. 林业科技,2007,32(6):29-30.

[8]Sun Y P, Johnson E R. Analysis of joint action of insecticides against house flies[J]. Ecological Entomology, 1960, 53(5):887-892.

[9]谭福杰,沈晋良,尤子平. 杀虫剂混合应用的研究[J]. 南京农业大学报,1987,4(增刊):93-99.

[10]关晓庆. 枸杞木虱生物药剂的筛选与天敌敏感性研究[J]. 安徽农业科学,2009,37(10):4541-4542.

[11]郭蕊,严林,金生英,等. 德令哈枸杞蚜虫毒力测定及田间药效试验[J]. 北方园艺,2012(10):148-151.

[12]陈培民,王建平,钟延平,等. 几种植物源药剂防治枸杞木虱药效试验[J]. 内蒙古农业科技,2013(5):66-67.

[13]吴文君. 农药学原理[M]. 北京:中国农业出版社,2000.