DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2024.02.004

虱螨脲与其他药剂对柑橘全爪螨的联合毒力

夏梦豪，　潘登，　李传振，　豆威，　王进军

西南大学 植物保护学院，重庆 400715

摘　要：为筛选与虱螨脲复配对柑橘全爪螨[*Panonychus citri*(McGregor)]具有增效作用的农药，采用喷雾法测定了虱螨脲与哒螨灵、阿维菌素、联苯肼酯、丁氟螨酯、炔螨特、虫螨腈复配后对柑橘全爪螨雌成螨的联合毒力，并通过测定共毒因子和共毒系数对各复配组合的联合毒力进行评价. 结果表明，共毒因子大于 20 的有 8 组，其中虱螨脲与丁氟螨酯按质量比 1 000∶287 复配时，共毒因子最高达 79.78；共毒系数大于 120 的有 10 组，其中虱螨脲与阿维菌素、丁氟螨酯、哒螨灵分别按质量比 1 000∶22，1 000∶240，1 000∶1 173 复配时，共毒系数更大，增效作用更明显，其共毒系数分别为 156.65，140.43，159.03，LC_{50} 分别为 42.463 mg/L，25.740 mg/L，39.619 mg/L. 因此，虱螨脲与哒螨灵按质量比 1 000∶1 173复配时，对柑橘全爪螨具有最佳的防治效果. 研究结果为田间害螨防治及虱螨脲的科学合理使用提供了理论基础.

关　键　词：虱螨脲；柑橘全爪螨；联合毒力；共毒因子；共毒系数

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

中图分类号：S433.7　　**文献标志码：A**

文 章 编 号：2097－1354(2024)02－0030－08

Combined Toxicity of Lufenuron and Other Insecticides to *Panonychus citri* (McGregor)

XIA Menghao，　PAN Deng，　LI Chuanzhen，
DOU Wei，　WANG Jinjun

College of Plant Protection，Southwest University，Chongqing 400715，China

Abstract：In order to screen the compound pesticides that have synergistic effect with lufenuron on *Panonychus citri* (McGregor)，the combined virulent properties of lufenuron with pyridaben，avermectins，bifenazate，cyflumetofen，propargite and chlorfenapyr were determined by

收稿日期：2024－02－29
作者简介：夏梦豪，硕士研究生，主要从事害螨抗药性和生殖发育方面的研究.
通信作者：王进军，博士，教授.

spray method. The combined virulence of each combination was evaluated by measuring co-toxicity factor and co-toxicity coefficient. The results showed that there were 8 groups of combination with co-toxicity factor greater than 20, and the highest co-toxicity factor was 79.78 with the mass ratio of lufenuron to cyflumetofen of 1 000 : 287. There were 10 groups of combination with co-toxicity coefficient greater than 120. The better co-toxicity coefficient and the better significant synergism of lufenuron combined with avermectins, cyflumetofen and pyridaben was the mass ratios of 1 000 : 22, 1 000 : 240 and 1 000 : 1 173, with the co-toxicity coefficient of 156.65, 140.43 and 159.03, and the LC_{50} of 42.463 mg/L, 25.740 mg/L and 39.619 mg/L, respectively. Therefore, lufenuron and pyridaben have the best control effect on *Panonychus citri* when combined at a mass ratio of 1 000 : 1 173, The results provided a theoretical basis for the control of pest mites in the field and the scientific and rational use of lufenuron.

Key words: lufenuron; *Panonychus citri*; combined toxicity; co-toxicity factor; co-toxicity coefficient

柑橘全爪螨[*Panonychus citri*(McGregor)]是一种广泛分布且危害严重的重要害螨，可取食芸香科、豆科和桑科等 112 种寄主植物，仅在我国就有 11 个省(区)发生[1]. 该螨主要危害柑橘类果树，每年 4—6 月和 9—11 月柑橘抽梢期盛发，在幼螨、若螨、成螨阶段以刺吸式口器刺吸植物幼嫩部位汁液，导致叶片灰白，失绿死亡，危害严重时可导致叶片焦枯脱落，严重影响树势[2]，给我国柑橘产业造成了严重影响[3]. 长期以来，由于化学农药的不科学使用导致柑橘全爪螨抗药性问题突出. 研究表明，柑橘全爪螨已对有机磷类、有机氯类、菊酯类、阿维菌素类、线粒体电子传递抑制剂类等多种农药产生抗性[4-8].

由于研制新型农药费用高、周期长，因此，探究不同药剂间的科学复配成为防治病虫害、延缓抗性发展、实施综合防治的新方向[9]. 研究表明，啶虫脒与杀螟硫磷按 1 : 19 复配对烟蚜(*Myzus persicae*)增效作用明显，共毒系数达 166.25[10]；苦参碱与多杀菌素按 27 : 25 复配对麦二叉蚜(*Schizaphis graminum*)的共毒系数达 156.69[11]；联苯肼酯与炔螨特按 215 : 73 复配对朱砂叶螨(*Tetranychus cinnabarinus*)共毒系数达 163.0[12].

虱螨脲是最新一代苯甲酰脲类杀虫剂，主要用于防治果树、棉花等鳞翅目害虫，也可用于防治刺吸式口器害虫[13]. 研究表明，虱螨脲对棉铃虫幼虫具有明显的拒食活性[14]，虱螨脲处理小菜蛾可以显著降低卵孵化率、存活率、产卵量和成虫寿命，抑制种群发展[15]；虱螨脲与虫酰肼按 1 : 1 复配对斜纹夜蛾的共毒系数达 134.03[16]；虱螨脲与噻虫嗪、唑螨酯、虫酰肼、吡虫啉等多种药剂复配对多种昆虫具有增效作用[16-19].

为筛选与虱螨脲复配对柑橘全爪螨具有增效作用的药剂组合，延缓柑橘全爪螨抗性发展，延长药剂使用寿命. 本研究将虱螨脲与 6 种药剂复配，在通过喷雾法测定各复配组合对柑橘全爪螨成螨毒力的基础上，利用等效线法设置配比测定共毒因子，同时，通过共毒系数法进一步细化存在增效作用的药剂组合配比，明确与虱螨脲复配对柑橘全爪螨存在增效作用的药剂及其最佳配比，为柑橘全爪螨的田间化学防治提供理论基础.

1　材料与方法

1.1　试验材料

1.1.1　供试虫源

柑橘全爪螨室内敏感种群于 2016 年采自重庆市北碚区西南大学柑橘研究所柑橘园，使用

大豆叶片(“中黄 37”)饲养于室内恒温培养箱，饲养条件为温度(27±1)℃、光周期 L∶D=16∶8、湿度 RH 65%±5%. 试螨为 3 日龄雌成螨，该阶段雌成螨生命力较强，且生理状态较为统一.

1.1.2 主要试剂

97%虱螨脲原药，北京百灵威科技有限公司；95%哒螨灵原药，Sigma-Aldrich，St. Louis，MO，USA；97%阿维菌素原药，上海源叶生物科技有限公司；98%丁氟螨酯原药，上海泰坦科技股份有限公司；90%炔螨特原药，湖北仙隆化工股份有限公司；98%联苯肼酯原药，上海源叶生物科技有限公司；98%虫螨腈原药，加拿大多伦多研究化学(TRC)；丙酮，重庆科展化学试剂有限公司.

1.1.3 主要仪器

体式显微镜，重庆奥特光学仪器有限公司；海绵，深圳强力海绵家私制造厂；勾线小毛笔，上海亿美塑料有限公司；定性滤纸，杭州特种纸业有限公司；NIR-154 三洋恒温培养箱，日本三洋；JA2003A 电子天平，上海精密仪器仪表有限公司；移液器，赛默飞生物技术公司；Elix-5 纯水系统，德国默克密理博公司；喷雾塔，英国 Burkard 公司.

1.2 试验方法

1.2.1 毒力测定

虱螨脲与其他 6 种药剂均用丙酮溶解配制成浓度为 100 000 mg/L 的母液，然后再用超纯水稀释至试验所需浓度，每组 5～7 个浓度梯度，对照组以同体积丙酮代替药剂.

参照《农药室内生物测定试验准则》(NY/T 1154.13—2008)进行生物测定. 裁剪合适大小的海绵，湿润后置于一次性培养皿中，在海绵上方放置一张湿润的滤纸，采集新鲜甜橙叶片洗净晾干后用打孔器打孔成直径 10 mm 小圆叶片，背面朝上置于滤纸上. 用小毛笔挑入 3 日龄雌成螨 35 头，每个浓度 5 个生物重复，静置 2 h 后在体式显微镜下观察，移除不活泼的成螨，在喷雾塔下进行喷雾处理，每皿喷药液 1 mL. 喷雾后室温静置风干，并饲养于恒温培养箱，24 h 后在体式显微镜下观察，记录雌成螨总数及死亡率. 死亡判断标准：小毛笔轻触，除可自由爬行或四对足均可活动的雌成螨外，均视为死亡.

1.2.2 共毒因子测定

采用 Mansour 等[20]共毒因子法筛选出共毒因子大于 20 的药剂配比，即使用等效线法中的六等分法，假设药剂 A 与 B 的致死浓度(LC_{50})分别为 a 与 b，则 5 个配比浓度分别为$(a+5b)/6$，$(a+2b)/3$，$(a+b)/2$，$(2a+b)/3$，$(5a+b)/6$. 先配制各药剂的 LC_{50} 药液，再根据 5 种不同体积比进行混合，对照组以同体积丙酮代替. 生物测定方法同 1.2.1.

共毒因子=[(实测死亡率－理论死亡率)/理论死亡率]×100

共毒因子>20 表示具有增效作用，共毒因子<－20 表示具有拮抗作用，－20≤共毒因子≤20 表示具有相加作用.

1.2.3 共毒系数测定

筛选出共毒因子大于 20 的药剂配比后，采用共毒系数法(CTC)进一步细化其配比[21]，求出各药剂配比 LC_{50} 的基础上计算共毒系数，最终得出最佳配比. 生物测定结果同 1.2.1. 计算共毒系数时以复配组合中 LC_{50} 较大的药剂为标准杀虫剂[9].

相对毒力指数(TI)=(标准药剂 LC_{50}/供试药剂 LC_{50})×100

混剂实际毒力指数(ATI)=(标准药剂 LC_{50}/混剂 LC_{50})×100

混剂理论毒力指数(TTI)=药剂 A 相对毒力指数×药剂 A 百分含量＋药剂 B 相对毒力指

数×药剂 B 百分含量

共毒系数(CTC)=(ATI/TTI)×100

CTC>120 表示具有增效作用，CTC<80 表示具有拮抗作用，80≤CTC≤120 表示具有相加作用.

1.3　数据处理与统计学分析

采用 SPSS 20 软件对生物测定数据进行 Probit 回归分析，得到各药剂毒力回归方程、χ^2、LC_{50}、斜率±标准误等参数.

2　结果与分析

2.1　不同药剂对柑橘全爪螨成螨的单剂毒力

不同药剂对柑橘全爪螨成螨的单剂毒力测定结果如表 1 所示，阿维菌素的毒力最高，LC_{50} 为 2.568 mg/L；虫螨腈的毒力最低，LC_{50} 为 850.817 mg/L；毒力由高到低分别为阿维菌素、丁氟螨酯、哒螨灵、虱螨脲、联苯肼酯、炔螨特和虫螨腈.

表 1　不同药剂对柑橘全爪螨成螨的单剂毒力

药剂	毒力回归方程	斜率±标准误	LC_{50}/(mg·L^{-1})(95%置信区间)	χ^2(df=4)
虱螨脲	$y=-3.418+1.572x$	1.572±0.368	149.348(80.219～202.654)	1.947
哒螨灵	$y=-4.231+2.603x$	2.603±0.390	31.889(42.199～50.882)	0.533
阿维菌素	$y=-3.127+7.634x$	7.634±0.755	2.568(2.427～2.702)	0.425
丁氟螨酯	$y=-5.882+6.265x$	6.265±0.872	8.687(8.220～9.215)	1.113
联苯肼酯	$y=-3.837+1.693x$	1.693±0.368	184.737(92.642～254.655)	3.340
炔螨特	$y=-6.447+2.411x$	2.411±0.491	472.484(393.276～576.690)	1.108
虫螨腈	$y=-7.189+2.454x$	2.454±0.545	850.817(718.651～1 154.922)	3.778

2.2　共毒因子法定性筛选增效组合

虱螨脲与 6 种药剂不同配比的共毒因子测定结果如表 2 所示，6 个复配组合共计 30 组，其中，共毒因子大于 20 的有 8 组. 虱螨脲与阿维菌素按质量比 1 000∶85，1 000∶34，1 000∶17 复配时，表现为增效作用，共毒因子分别为 24.83，71.88，27.31；虱螨脲与丁氟螨酯按质量比 1 000∶287，1 000∶115 复配时，表现为增效作用，共毒因子分别为 79.78，40.53；虱螨脲与哒螨灵按质量比 1 000∶1 067，1 000∶427，1 000∶213 复配时，表现为增效作用，共毒因子分别为 67.11，52.06，21.61；但是虱螨脲与炔螨特、虫螨腈复配时，各个配比均表现为拮抗作用；虱螨脲与联苯肼酯复配，在虱螨脲高配比时，表现为相加作用，在虱螨脲低配比时，表现为拮抗作用.

表 2 不同药剂复配对柑橘全爪螨成螨的共毒因子

复配组合	质量比	查自 LC-P 线死亡率/%		预期死亡率/%	实际死亡率/%	共毒因子
		A	B			
虱螨脲＋炔螨特	1 000∶15 000	11.12	40.52	51.64	20.00	−61.27
	1 000∶6 000	22.66	31.92	54.58	27.88	−48.91
	1 000∶3 000	31.92	21.77	53.69	24.55	−54.28
	1 000∶1 500	39.36	11.51	50.87	25.86	−49.16
	1 000∶600	45.22	2.68	47.90	15.74	−67.14
虱螨脲＋联苯肼酯	1 000∶6 667	11.12	46.81	57.93	61.32	5.85
	1 000∶2 667	22.66	40.52	63.18	65.77	4.09
	1 000∶1 333	31.92	32.64	64.56	16.19	−74.92
	1 000∶667	39.36	22.66	62.02	31.93	−48.51
	1 000∶267	45.22	10.38	55.60	18.80	−66.18
虱螨脲＋虫螨腈	1 000∶28 667	11.12	42.86	53.98	31.13	−42.33
	1 000∶11 467	22.66	33.72	56.38	20.95	−62.84
	1 000∶5 733	31.92	23.27	55.19	18.52	−66.45
	1 000∶2 867	39.36	12.30	51.66	18.64	−63.91
	1 000∶1 147	45.22	2.87	48.09	15.53	−67.70
虱螨脲＋阿维菌素	1 000∶85	11.12	26.43	37.55	46.88	24.83
	1 000∶34	22.66	8.53	31.19	53.61	71.88
	1 000∶17	31.92	1.02	32.94	41.94	27.31
	1 000∶8	39.36	0.01	39.37	41.33	4.99
	1 000∶3	45.22	0.00	45.22	36.84	−18.53
虱螨脲＋丁氟螨酯	1 000∶287	11.12	30.15	41.47	74.19	79.78
	1 000∶115	22.66	12.92	35.58	50.00	40.53
	1 000∶57	31.92	2.81	34.73	31.11	−10.42
	1 000∶29	39.36	0.13	39.49	34.48	−12.98
	1 000∶12	45.22	0.00	45.22	36.46	−19.38
虱螨脲＋哒螨灵	1 000∶1 067	11.12	30.15	41.27	68.97	67.11
	1 000∶427	22.66	22.06	44.72	68.00	52.06
	1 000∶213	31.92	13.57	45.49	55.32	21.61
	1 000∶107	39.36	9.54	48.90	56.38	15.30
	1 000∶43	45.22	0.96	46.18	45.98	0.44

注：虱螨脲、炔螨特、联苯肼酯、虫螨腈、阿维菌素、丁氟螨酯、哒螨灵的配置浓度分别为 150.00 mg/L，450.00 mg/L，200.00 mg/L，860.00 mg/L，2.55 mg/L，8.60 mg/L，32.00 mg/L.

2.3 共毒系数法细化增效配比

基于共毒因子法定性筛选出存在增效作用的复配组合，通过共毒系数法进一步细化其配比，再筛选出增效作用最明显的配比，结果如表 3 所示. 虱螨脲与阿维菌素配比为 1 000∶33，1 000∶22，1 000∶19 时，具有增效作用，配比为 1 000∶22 时，增效作用最明显，共毒系数为 156.65；虱螨脲与丁氟螨酯配比为 1 000∶320，1 000∶240，1 000∶160 时具有增效作用，配比为 1 000∶240 时增效作用最明显，共毒系数为 140.43；虱螨脲与哒螨灵配比为 1 000∶2 022，1 000∶1 173，1 000∶748，1 000∶320 时，具有增效作用，配比为 1 000∶1 173 时，增效作用最明显，共毒系数为 159.03.

表 3　不同复配组合对柑橘全爪螨成螨的共毒系数

复配组合	质量比	斜率±标准误	LC_{50}/(mg·L^{-1})(95%置信区间)	χ^2(df=3)	共毒系数(*CTC*)
虱螨脲＋阿维菌素	1 000∶44	5.402±0.770	37.597(33.186～41.124)	0.730	115.83
	1 000∶33	4.361±0.792	42.856(33.965～49.020)	2.163	122.83
	1 000∶22	5.571±0.814	42.463(35.299～47.761)	2.550	156.65
	1 000∶19	6.803±0.796	54.364(48.938～58.902)	0.022	132.93
	1 000∶17	5.596±0.669	64.491(58.494～69.930)	2.084	119.14
虱螨脲＋丁氟螨酯	1 000∶399	2.738±0.790	23.163(15.571～27.970)	2.964	114.71
	1 000∶320	4.169±0.783	23.845(19.424～27.010)	1.125	127.10
	1 000∶240	5.063±0.679	25.740(22.752～28.163)	1.180	140.43
	1 000∶160	2.989±0.799	35.050(19.697～43.441)	3.050	131.81
	1 000∶60	3.146±0.830	81.518(61.078～95.722)	1.089	95.52
虱螨脲＋哒螨灵	1 000∶2 022	3.316±1.045	45.205(20.284～57.461)	0.152	122.42
	1 000∶1 604	3.074±1.154	52.919(15.421～68.484)	0.166	110.07
	1 000∶1 173	3.754±0.875	39.619(22.289～50.267)	0.992	159.03
	1 000∶748	3.942±0.782	49.123(34.301～58.702)	1.591	145.74
	1 000∶320	3.970±0.685	74.386(58.737～85.310)	1.574	124.27

注：虱螨脲、阿维菌素、丁氟螨酯、哒螨灵的配置浓度分别为 150.00 mg/L，2.55 mg/L，8.60 mg/L，32.00 mg/L.

3　结论与讨论

虱螨脲作为新一代脲类昆虫生长调节剂，可作用于昆虫幼虫，通过阻止昆虫蜕皮，从而导致昆虫死亡. 虱螨脲具有持效期长、环保、对有益动物和天敌成虫安全的特点，是一种环保型药剂，可以有效防治对有机磷类、氨基甲酸酯类、拟除虫菊酯类等农药产生抗性的昆虫，能有效防止害虫再猖獗[22]. 研究表明，虱螨脲亚致死浓度处理后可以显著抑制小菜蛾(*Plutella xylostella*)幼虫体内酯酶、谷胱甘肽 S-转移酶和多功能氧化酶，且随着浓度升高抑制程度增强，使小菜蛾难以代谢虱螨脲而增强毒性[23]. 但是，虱螨脲也有速效性低、毒力较低的特点，而虱螨脲与其他药剂进行复配，可提高毒力，减少药量，同时，提高对柑橘全爪螨的防治效果，延缓抗性发展，延长药剂的使用寿命，为田间综合防治柑橘全爪螨提供了有效方案.

研究表明，虱螨脲与甲氧虫酰肼复配对甜菜夜蛾(*Spodoptera exigua*)具有明显的增效作用，所有配比组合共毒因子均大于 20，在配比为 6∶7 时，增效作用最强，共毒因子高达 135.4，混用后可以显著降低甜菜夜蛾孵化率、幼虫存活率、寿命和成虫产卵量等，对甜菜夜蛾生长发育及繁殖具有显著的抑制作用[24]；田间试验表明，12%虱螨脲・虫螨腈 SC 对甘蓝甜菜夜蛾每 667 m^2 用 50 g 处理 3 d 和 7 d 后防治效果显著高于 5%虱螨脲 SC 和 10%虫螨腈 SC 单独处理的防效[25]. 相关研究发现，虱螨脲与甲氧虫酰肼和虫酰肼复配对某些昆虫(螨)存在增效作用[14, 22]，表明虱螨脲与多种药剂复配具有增效作用，为本试验提供了理论支持.

本研究通过共毒系数法筛选发现，虱螨脲与阿维菌素、丁氟螨酯、哒螨灵按质量比 1 000∶22，1 000∶240，1 000∶1 173 复配时增效作用更明显，其共毒系数分别为 156.65，140.43，159.03，LC_{50}分别为 42.463 mg/L，25.740 mg/L，39.619 mg/L. 在探究药剂之间的复配效果时，不仅要考虑其共毒系数，还应该考虑其致死中浓度及药剂成本等问题. 虱螨脲与哒螨灵复配共毒系数最高，虱螨脲与丁氟螨酯复配组合 LC_{50}低于其他两种组合，但据中农立华生物科技有限公司原药价格指数统计可知阿维菌素(60 万元/t)与丁氟螨酯(100 万元/t)的成本远高于虱

螨脲(24.5 万元/t)和哒螨灵(10.5 万元/t). 因此，初步认定虱螨脲与哒螨灵按照 1 000∶1 173 复配时为最佳复配组合，在复配剂产生相同毒力时，施药量大幅度减少，成本降低.

本试验通过探究虱螨脲与 6 种药剂复配对柑橘全爪螨的联合毒力，发现虱螨脲与虫螨腈、联苯肼酯和炔螨特复配时具有拮抗作用，不可混配用于田间柑橘全爪螨的防治；而虱螨脲与阿维菌素、丁氟螨酯和哒螨灵复配具有增效作用，可以混配用于橘园柑橘全爪螨的防治. 本研究结果在减少药剂使用量、降低生产成本和减轻对生态环境的影响的同时，延缓了柑橘全爪螨抗性问题的进一步发展，为田间科学合理使用农药和柑橘全爪螨的防治提供了理论基础. 这几种复配组合的具体作用机理及其田间防治效果仍需进一步验证，同时，还应进一步研究复配药剂的剂型及各种辅助剂来提高复配药剂毒力，增强杀螨效果.

参考文献：

[1] LI L, WANG R, WATERHOUSE D F. The Distribution and Importance of Arthropod Pests and Weeds of Agriculture and Forestry Plantations in Southern China[M]. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), 1997.

[2] KANT M R, AMENT K, SABELIS M W, et al. Differential Timing of Spider Mite-Induced Direct and Indirect Defenses in Tomato Plants[J]. Plant Physiology, 2004, 135(1): 483-495.

[3] 张振，封海东，秦光明，等. 柑橘全爪螨药剂防治研究进展[J]. 农业与技术，2017，37(12)：64-65.

[4] YAMAMOTO A, YONEDA H, HATANO R, et al. Genetic Analysis of Hexythiazox Resistance in the Citrus Red Mite, *Panonychus citri* (McGregor) [J]. Journal of Pesticide Science, 1995, 20(4): 513 - 519.

[5] PAND, DOUW, YUANG R, et al. Monitoring the Resistance of the Citrus Red Mite (Acari: Tetranychidae) to Four Acaricides in Different Citrus Orchards in China[J]. Journal of Economic Entomology, 2020, 113(2): 918-923.

[6] 何恒果. 桔全爪螨对甲氰菊酯和阿维菌素的抗性及其酯酶基因的克隆与表达研究[D]. 重庆：西南大学，2010.

[7] 刘永华，蒋红波，袁明龙，等. 柑橘全爪螨对 4 种杀螨剂的抗性监测及增效作用[J]. 果树学报，2010，27(4)：570-574.

[8] 黄振东，方培林，陈道茂，等. 浙江柑橘全爪螨对炔螨特的敏感性变化[J]. 植物保护，2006，32(4)：94-96.

[9] 刘国强，白冰，毕于慧，等. 辣椒碱与 3 种药剂对温室白粉虱的联合毒力[J]. 植物保护，2021，47(4)：305-309.

[10] 饶美香，申昌德，刘红波，等. 啶虫脒与杀螟硫磷混配对烟蚜的联合毒力[J]. 赣南师范大学学报，2019，40(3)：57-60.

[11] 苏栩，汪耿，宋诚，等. 苦参碱与多杀菌素复配对麦二叉蚜的联合毒力[J]. 河南科技学院学报(自然科学版)，2020，48(2)：28-31.

[12] 王雪，梁晓，卢芙萍，等. 联苯肼酯与炔螨特混配对朱砂叶螨的联合毒力作用[J]. 热带作物学报，2017，38(5)：932-938.

[13] 孙凌莉，李岚，江才鑫，等. 虱螨脲的合成进展[J]. 浙江化工，2011，42(3)：5-7.

[14] 姚永生，李春芳，叶花香，等. 虱螨脲对棉铃虫实验种群的生物活性研究[J]. 华北农学报，2008，23(S1)：243-247.

[15] 贾变桃，卢晶晶，袁嘉伟，等. 虱螨脲对小菜蛾成虫繁殖力及子代种群发展的影响[J]. 植物保护学报，2019，46(3)：582-588.

[16] 朱卫锋，任太军，曾鑫年. 虱螨脲与虫酰肼的增效作用及防治斜纹夜蛾的药效[J]. 广东农业科学，2011，38(11)：104-106.

[17] 孙红军，南艳，周颖. 一种含虱螨脲和噻虫嗪的增效杀虫组合剂：CN114680124A[P]. 2022-07-01.

[18] 赵鹏勃，戴荣华，韦能春，等. 一种唑螨酯和虱螨脲的农药组合物：CN106982852A[P]. 2017-07-28.

[19] 杨寿海，齐武，杨瑞成，等. 一种含虱螨脲的增效杀虫组合物：CN1911024A[P]. 2007-02-14.

[20] MANSOUR N A, ELDEFRAWI M E, TOPPOZADA A, et al. Toxicological Studies on the Egyptian Cotton

Leaf Worm，Prodenia Litura. VI. Potentiation and Antagonism of Organophosphorus and Carbamate Insecticides[J]. Journal of Economic Entomology，1966，59(2)：307-311.

[21] SUNYunpei，JOHNSON E R. Analysis of Joint Action of Insecticides Against House Flies[J]. Journal of Economic Entomology，1960，53(5)：887-892.

[22] 陈吉祥，任相亮，胡红岩，等. 甲氧虫酰肼与虱螨脲复配对甜菜夜蛾的亚致死效应[C]//绿色植保与乡村振兴——中国植物保护学会 2018 年学术年会论文集. 西安，2018：268-269.

[23] 贾变桃，焦鹏，杨素梅. 虱螨脲亚致死浓度对小菜蛾保护酶系和解毒酶系活力的影响[J]. 植物保护学报，2016，43(2)：293-299.

[24] 陈吉祥，任相亮，姜伟丽，等. 甲氧虫酰肼与 3 种药剂对甜菜夜蛾的联合毒力及亚致死效应[J]. 中国棉花，2019，46(2)：4-8.

[25] 刘秀梅，张玉，史晓利. 12%虱螨脲·虫螨腈 SC 对甘蓝甜菜夜蛾的田间防治效果[J]. 种子科技，2021，39(19)：19-20.

责任编辑　苏荣艳