

# 增效剂对菜蚜茧蜂杀虫剂敏感性的影响

吴刚<sup>1</sup> 江树人<sup>2</sup>

(1. 福建农林大学植物保护学院,福州 350002;

2. 中国农业大学应用化学系,北京 100094)

**摘要:** 以田间菜蚜茧蜂为试虫,采用药膜法研究了增效剂胡椒基丁醚(PB)、磷酸三苯酯(TPP)和马来酸二乙酯(DEM)对6种杀虫剂的增效作用。结果表明,三种增效剂对6种杀虫剂均有显著增效作用,其大小依次为PB > DEM > TPP。PB对甲胺磷、阿维菌素、氟虫腈、氟戊菊酯、氯氟菊酯和吡虫啉的增效比达5.0~9.6倍。TPP和DEM对甲胺磷、DEM对氟虫腈的增效比达2.6~3.0倍,但TPP和DEM对阿维菌素、氟戊菊酯和氯氟菊酯、TPP对氟虫腈的增效比均在1.9倍以下。PB、TPP和DEM对吡虫啉的增效比分别高达9.6、6.8和8.2倍。体内抑制试验结果显示,PB、TPP和DEM对菜蚜茧蜂AChE活性无明显抑制作用,而PB和TPP对羧酸酯酶(CarE)、DEM对谷胱甘肽S转移酶(GST)活性有显著抑制作用。由此认为,菜蚜茧蜂对所用的6种杀虫剂的耐药性与多功能氧化酶(MFO)、CarE和GST的解毒作用有关。

**关键词:** 菜蚜茧蜂; 酶抑制剂; 增效作用; 解毒酶

杀虫剂的长期使用在导致害虫产生抗性的同时,对天敌昆虫的伤害也很突出,使用增效剂可以显著抑制害虫抗药性,但也增加了天敌对杀虫剂的敏感性。吴刚等<sup>[1]</sup>报道增效剂胡椒基丁醚(PB)、磷酸三苯酯(TPP)可显著抑制菜蛾绒茧蜂 *Apanteles plutellae* 的羧酸酯酶活性,并增加其对甲胺磷的敏感性,Feng等<sup>[2]</sup>证实PB对菜蛾绒茧蜂的有机磷、氨基甲酸酯和拟除虫菊酯杀虫剂敏感性有显著增效作用,但迄今有关增效剂对寄生蜂影响的研究报道仍很少。作者以菜蚜茧蜂 *Diaeretiella rapae* 为试虫,研究了PB、TPP和马来酸二乙酯(DEM)对6种杀虫剂的增效作用及对乙酰胆碱酯酶(AChE)、羧酸酯酶(CarE)和谷胱甘肽S转移酶(GST)的体内抑制作用。

基金项目:福建省自然科学基金(B0010012)

作者简介:吴刚(1958-),男,副教授,从事昆虫毒理学和抗药性研究(E-mail: newugan@163.com)

收稿日期:2003-02-21

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试昆虫与生物测定

从福州市建新蔬菜基地采集的萝卜蚜 *Lipaphis reysimi* 和僵蚜于室内 23℃ 下用甘蓝菜幼苗饲养,取刚羽化的菜蚜茧蜂成蜂用于生测和生化试验。菜蚜茧蜂的生测参照吴刚等(2002)报道的试管药膜法进行<sup>[1]</sup>,采用丙酮作溶剂制作试管的杀虫剂药膜,对照用丙酮。向试管中接入刚羽化的成蜂,1 h 后立即统计死亡率,然后将所有试虫移入无杀虫剂的试管,饲喂 15% 蜜水,8 h 后统计死亡率,分别计算 1 h 和 9 h  $LC_{50}$  值。在增效试验中,将不同浓度的杀虫剂与浓度为  $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的增效剂等体积混合后用于制作药膜,增效剂胡椒基丁醚(PB,多功能氧化酶的抑制剂)、磷酸三苯酯(TPP,羧酸酯酶的抑制剂)和马来酸二乙酯(DEM,谷胱甘肽 S 转移酶的抑制剂)的终浓度均为  $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,对照为丙酮。

### 1.2 化学试剂和供试杀虫剂

1-氯-2,4-二硝基苯(CDNB)、还原型谷胱甘肽(GSH)、碘化硫代乙酰胆碱(ATCh),Sigma 产品;5,5-二硫-双(2-硝基苯甲酸)(DTNB),Carl Roth 产品;毒扁豆碱、PB、TPP 和 DEM,Fluka 产品;90% 甲胺磷原油、92.5% 敌敌畏原油,湖北沙隆达股份有限公司产品;94% 氰戊菊酯原药,日本住友化学公司;91% 氯氰菊酯原药,湖北沙隆达股份有限公司;96% 阿维菌素原药,华药集团爱诺有限公司;92% 吡虫啉原药,山东农业大学王开运教授提供;5% 氟虫腓,法国罗纳普朗克公司产品。上述药剂中的甲胺磷属菜田中不能使用的高毒杀虫剂,在论文中仅用作室内毒理研究。

### 1.3 酶液提取与酶活性测定

将菜蚜茧蜂成虫于 pH 7.8(用于乙酰胆碱酯酶 AChE)、pH 7.4(用于谷胱甘肽 S 转移酶 GST)或 pH 7.0(用于羧酸酯酶 CarE)的磷酸缓冲液中冰浴匀浆,于 0℃、1500 g(用于 AChE 和 CarE)或 10 000g(用于 GST)下离心,取上清液作酶源。参照吴刚等(2002)报道的方法测定 AChE、CarE 和 GST<sup>[1]</sup>。

### 1.4 增效剂对菜蚜茧蜂酶活性的体内抑制

用于制作药膜的 PB、TPP 和 DEM 的浓度均为  $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。将菜蚜茧蜂接入含 PB、TPP 和 DEM 药膜的试管中,1 h 后测酶活性,对照用丙酮。菜蚜茧蜂接触三种增效剂药膜(浓度均为  $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )1 h 后移入无毒管,8 h 后死亡率为 0。

## 2 结果

### 2.1 增效剂对菜蚜茧蜂的增效作用

表 1 的结果显示,3 种增效剂对 6 种杀虫剂均有显著增效作用,其大小依次为 PB > DEM > TPP。在对甲胺磷、阿维菌素、氟虫腓、氰戊菊酯、氯氰菊酯和吡虫啉的增效试验中,PB 的增效作用远高于 TPP 和 DEM,增效比达 5.0 ~ 9.6 倍。TPP 和 DEM 对甲胺磷、DEM 对氟虫腓的增效比达 2.6 ~ 3.0 倍,但 TPP 和 DEM 对阿维菌素、氰戊菊酯和氯氰菊酯、TPP 对氟虫腓的增效作用均较低,增效比均在 1.9 倍以下。PB、TPP 和 DEM 对吡虫啉均具较高的增效作用,三种增效剂对吡虫啉的增效比依次为 9.6、6.8 和 8.2 倍。从表 1

还可看出,由于杀虫剂须经历一定时间而进入虫体内发挥作用,因此甲胺磷、阿维菌素、氟虫腈和氯氰菊酯的9 h  $LC_{50}$ 值大大低于上述杀虫剂的1 h  $LC_{50}$ 值,但氰戊菊酯和吡虫啉的9 h  $LC_{50}$ 值高于这两种杀虫剂的1 h  $LC_{50}$ 值,表明菜蚜茧蜂对氰戊菊酯和吡虫啉的触杀击倒作用具明显恢复能力,而3种增效剂均能显著抑制这种恢复能力。

表1 增效剂对菜蚜茧蜂的增效作用

Table 1 The synergistic effects of enzyme inhibitors on susceptibility to selected insecticides in *D. rapae* collected from the field in Fuzhou, China

处理 Treatments	$LC_{50}$ ( $mg \cdot L^{-1}$ ) (95% CL) (1 h)	$b$ 值 $\pm$ SE Slope $\pm$ SE	增效比 Synergism ratio	$LC_{50}$ ( $mg \cdot L^{-1}$ ) (95% CL) (9 h)	$b$ 值 $\pm$ SE Slope $\pm$ SE	增效比 Synergism ratio
甲胺磷 methamidophos	61.4(57.8~65.3)	6.56 $\pm$ 0.78	1.0	30.1(27.6~33.0)	3.72 $\pm$ 0.18	1.0
methamidophos + PB	22.3(20.1~24.8)	4.07 $\pm$ 0.58	2.8	4.3(4.0~4.5)	4.76 $\pm$ 0.19	7.1
methamidophos + TPP	38.2(35.0~41.8)	4.70 $\pm$ 0.10	1.6	11.6(10.6~12.6)	4.79 $\pm$ 1.07	2.6
methamidophos + DEM	32.3(29.2~35.6)	4.19 $\pm$ 0.45	1.9	10.1(9.19~11.1)	4.13 $\pm$ 0.91	3.0
氟虫腈 fipronil	> 100	—	—	41.1(38.2~44.3)	4.97 $\pm$ 0.46	1.0
fipronil + PB	—	—	—	8.2(7.5~9.0)	2.94 $\pm$ 0.33	5.0
fipronil + TPP	—	—	—	26.5(23.9~29.5)	3.53 $\pm$ 0.31	1.5
fipronil + DEM	—	—	—	13.7(12.7~14.7)	5.69 $\pm$ 0.31	3.0
阿维菌素 avermectins	> 200	—	—	98.3(94.1~102.6)	4.84 $\pm$ 0.24	1.0
avermectins + PB	—	—	—	15.2(14.5~16.0)	4.00 $\pm$ 0.24	6.5
avermectins + TPP	—	—	—	75.6(68.9~82.9)	3.41 $\pm$ 0.42	1.3
avermectins + DEM	—	—	—	55.5(50.4~61.2)	3.76 $\pm$ 0.66	1.8
氰戊菊酯 fenvalerate	661.0(617~709)	2.85 $\pm$ 0.13	1.0	694.0(647~745)	2.86 $\pm$ 0.10	1.0
fenvalerate + PB	149.0(137~163)	4.55 $\pm$ 0.65	4.4	93.9(85.7~103)	4.30 $\pm$ 0.35	7.4
fenvalerate + TPP	680.0(593~778)	2.97 $\pm$ 0.33	1.0	465.0(415~493)	3.64 $\pm$ 0.29	1.5
fenvalerate + DEM	570.0(537~605)	3.10 $\pm$ 0.13	1.2	370.0(334~410)	4.39 $\pm$ 0.37	1.9
氯氰菊酯 cypermethrin	518.0(459~586)	3.16 $\pm$ 0.21	1.0	475.0(424~533)	3.44 $\pm$ 0.20	1.0
cypermethrin + PB	125.0(115~135)	4.48 $\pm$ 0.47	4.2	76.0(70.9~81.4)	6.36 $\pm$ 0.62	6.3
cypermethrin + TPP	516.0(459~580)	3.47 $\pm$ 0.23	1.0	325.0(293~360)	4.61 $\pm$ 0.03	1.5
cypermethrin + DEM	485.0(432~544)	3.61 $\pm$ 0.33	1.1	261.0(230~296)	3.33 $\pm$ 0.59	1.8
吡虫啉 imidacloprid	2926.0(2730~3135)	4.75 $\pm$ 0.13	1.0	8488.0(7565~9524)	2.86 $\pm$ 0.48	1.0
imidacloprid + PB	484.0(448~524)	6.48 $\pm$ 0.52	6.0	882.0(825~943)	6.00 $\pm$ 0.70	9.6
imidacloprid + TPP	975.0(891~1061)	5.07 $\pm$ 0.73	3.0	1254.0(1157~1359)	4.30 $\pm$ 0.38	6.8
imidacloprid + DEM	860.0(794~932)	4.26 $\pm$ 0.43	3.4	1037.0(957~1124)	5.13 $\pm$ 0.81	8.2

注:杀虫剂与增效剂等体积混合,增效剂PB、TPP和DEM的终浓度均为 $50 mg \cdot L^{-1}$ 。Note: Insecticide; synergist (V:V) = 1:1, and the terminal concentrations of PB, TPP and DEM were  $50 mg \cdot L^{-1}$ .

## 2.2 增效剂对菜蚜茧蜂酶活性的体内抑制

体内抑制试验结果表明(表2),PB、TPP和DEM对菜蚜茧蜂AChE活性无明显抑制作用,PB和TPP对菜蚜茧蜂CarE活性有强烈抑制作用,抑制率分别达到40.4%和57.8%,PB和TPP对菜蚜茧蜂GST活性均无明显抑制作用,但DEM对菜蚜茧蜂GST有显著抑制作用,抑制率达25.4%。

表2 PB、TPP和DEM对田间菜蚜茧蜂AChE、CarE和GSTs的体内抑制作用

Table 2 The inhibition of PB, TPP and DEM on the activities of AChE and CarE in field *D. rapae*, *in vivo*

处理 Treatments	酶活力(mol/mg 蛋白/min) Enzyme activity (mol/mg protein/min)					
	AChE ± SE		CarE ± SE		GSTs ± SE × 10 <sup>4</sup>	
	ATCh	Inhibition(%)	α-NA	Inhibition(%)	CDNB	Inhibition(%)
PB	16.09 ± 0.45a	6.67	72.79 ± 2.47a	40.40	1.78 ± 0.09a	1.69
TPP	17.39 ± 0.39a	-0.86	51.59 ± 4.53a	57.78	1.79 ± 0.04a	1.10
DEM	17.59 ± 0.86a	-2.05	115.52 ± 13.59b	5.49	1.35 ± 0.09b	25.42
CK	17.24 ± 0.23a		122.22 ± 15.71b		1.81 ± 0.02a	

注:用于制作药膜的PB、TPP和DEM药液浓度均为50 mg · L<sup>-1</sup>,将菜蚜茧蜂接入含PB、TPP和DEM药膜的试管中,1 h后测酶活性,对照为丙酮。Note: 50 mg · L<sup>-1</sup> PB, TPP and DEM were used to produce the residual film, the enzyme activities were detected 1 h after *D. rapae* were introduced into the tubes covering the residual film of the synergists. Acetone was used in the control.

## 3 讨论

虽然昆虫对所用的6种杀虫剂的抗药性与杀虫剂的主要作用靶标的敏感性改变有关,但解毒酶的解毒作用也可能具有重要作用。本研究结果表明,田间抗性菜蚜茧蜂对6种杀虫剂的耐药性与MFO、CarE和GSTs的解毒作用有关。由于PB对6种杀虫剂的增效作用明显高于TPP和DEM,因此MFO的解毒作用在田间抗性菜蚜茧蜂对6种杀虫剂的耐药性中的作用可能高于CarE和GST,但PB的高增效作用也可能与其对菜蚜茧蜂羧酸酯酶的较高抑制作用有关。许雄山等(1999)报道PB可活体抑制棉铃虫(*Helicoverpa armigera*)AChE活性<sup>[3]</sup>,但本研究中PB对菜蚜茧蜂的AChE无明显抑制作用,作者认为这可能与所用的增效剂剂量及昆虫种的特异性有关。

由于增效剂对菜蚜茧蜂和菜蛾绒茧蜂<sup>[1]</sup>具明显伤害作用,因此在使用增效剂进行害虫抗性治理过程中,应考虑增效剂对天敌抗性机制的抑制作用,注意保护天敌,充分发挥生态系统中天敌对害虫的控制潜能。

## 参 考 文 献

- 1 吴 刚, 尤民生, 赵士熙, 等. 田间菜蛾绒茧蜂对有机磷敏感性监测及毒理机制分析. 植物保护学报, 2002, 29 (2): 168 - 172
- 2 Feng H T, Wang T C. Selectivity of insecticide to *Plutella xylostella* (L.) and *Apanteles plutellae* Kurd. Plant Prot. Bull., Taiwan, 1984. 26: 275 - 284

3 许雄山,韩召军,任晓霞,等. 增效醚对棉铃虫的毒理学研究. 世界农药,1999, 21: 89-91

## Effects of synergisms on insecticide susceptibility and detoxification enzyme in a field population of parasitoid *Diaeretiella rapae*

Wu Gang<sup>1</sup> Jiang Shuren<sup>2</sup>

(1. Department of Plant Protection, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China;

2. Department of Applied Chemistry, China Agricultural University, Beijing 100094, China )

**Abstract:** The synergisms of enzyme inhibitors on the susceptibility to 6 insecticides in a field population of parasitoid *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) (Hymenoptera: Aphididae), collected from vegetable district in Fuzhou, China, were detected with a dry residual film bioassay. Significant synergisms of piperonyl butoxide (PB), triphenyl phosphate (TPP) and diethyl malate (DEM), in the order of PB > DEM > TPP, on methamidophos, fipronil, avermectins, fenvalerate, cypermethrin, imidacloprid were found in *D. rapae*. PB showed the highest synergism ratio, ranged from 5.0- to 9.6-folds, to methamidophos, fipronil, avermectins, fenvalerate, cypermethrin and imidacloprid. The synergism ratios of TPP and DEM for avermectins, fenvalerate and cypermethrin, and that of fipronil by TPP were less than 1.9-folds, although synergism ratio of TPP and DEM for methamidophos and that of DEM for fipronil ranged from 2.6- to 3.0-folds. In addition, TPP and DEM also displayed high synergism on imidacloprid, and the synergism ratios of PB, TPP and DEM were 9.6, 6.8 and 8.2-fold, respectively. PB, TPP and DEM showed no inhibitions on the activity of acetylcholinesterase, but strong inhibitions on the activity of carboxylesterase (CarE) by PB and TPP, and on the activity of glutathione S-transferase (GST) by DEM were found in *D. rapae in vivo*. The results suggested that the tolerance to the insecticides tested was associated with mixed-function oxidase (MFO), CarE and GST. In particular, MFO might play the most important role in the detoxification metabolism to the insecticides tested in *D. rapae*.

**Key words:** *Diaeretiella rapae*; enzyme inhibitors; synergisms; detoxification enzyme